



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE DOCTOR EN AGRONOMÍA

ESTUDIOS SOBRE LA BIOLOGÍA DE *Baccharis ulicina* Hook & Arn Y SU
SUSCEPTIBILIDAD A ESTRATEGIAS DE MANEJO EN EL SUR
BONAERENSE

GUILLERMO TUCAT

BAHÍA BLANCA

ARGENTINA

2015

PREFACIO

Esta tesis se presenta como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Doctor en Agronomía, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otra. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el ámbito del Departamento de Agronomía durante el período comprendido entre mayo de 2011 y diciembre 2015, bajo la dirección del Dr. Osvaldo Alberto Fernández y el Director Adjunto Dr. Diego Javier Bentivegna.

.....



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el/...../..... , mereciendo la calificación de (.....)

Certifico que fueron incluidos los cambios y correcciones sugeridas por los jurados.

Firma del Director

AGRADECIMIENTOS

Realizar una tesis de Doctorado implica recorrer un largo camino, que si bien es personal, involucra el aporte de un gran número de personas. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para expresarles mi más sincero agradecimiento:

Al Dr. Osvaldo Fernández por aceptar la dirección de la presente tesis, por sus constantes aportes académicos y culturales, por su generosidad y por compartir continuamente su gran sabiduría.

Al Dr. Diego Bentivegna, por su apoyo y confianza en mí, su capacidad para guiar mi trabajo ha sido un aporte invaluable. Mi agradecimiento no sólo a nivel profesional, sino también a nivel personal.

A Facundo Daddario, por su amistad, su enorme generosidad y su ayuda continua. Por el largo camino recorrido lleno de interminables días de campo, jornadas de laboratorio, y también viajes y momentos de distracción.

A Marcos Molinari, por su colaboración desde el primer día, por su permanente buena predisposición y voluntad.

A la Dra. Freda Anderson por su constante ayuda y preocupación, y por siempre tener un buen gesto para regalar.

Al grupo de compañeros del Laboratorio de Ecofisiología de Malezas (Virginia, Romina, Gustavo, Cintia, Belén, "Pequeca" y Silvina) por el excelente ambiente que generan y por hacer todos los días del trabajo algo divertido.

A Ricardo De Valis, por su predisposición, por su ejemplo de tenacidad y por encontrar todos los días una excusa para visitarnos.

A Silvia Díaz y Viviana González por su amabilidad y voluntad para solucionar cualquier inconveniente.

A CONICET por otorgar la beca y el subsidio que hicieron posible el desarrollo de esta tesis.

A CERZOS por haberme permitido disponer de sus instalaciones, equipos y camionetas.

Al Departamento de Agronomía y su personal, por la posibilidad de realizar este posgrado y por facilitarme el uso de su establecimiento de Napostá.

A todo el grupo de Ecología, por realizar un aporte realmente significativo en esta tesis. Al Dr. Carlos Busso por brindarme su confianza y permitirme participar en su proyecto de investigación. Al Ing. Agr. Oscar Montenegro por la cesión de los datos meteorológicos. Y en especial a Yanina Torres, Daniela Cardillo, Mariela Ambrosino y Leticia Ithurrart por compartir innumerables viajes a Patagones y hacer divertidas las largas jornadas de trabajo.

Al LANAIS por los análisis de suelos realizados, y por la amistad de Matías Duval, Fernando López, Carlos Cardoso y en especial a mi gran amigo de la vida Juan Manuel Martínez.

A la Ing. Quim. Miriam Crespo y al Dr. Claudio Ferrarelo por su amabilidad y buena predisposición.

Al Dr. Roberto Rodríguez, por su gestión que hizo posible el viaje de intercambio a la Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro, Brasil.

Al personal de la Chacra Experimental (M.A.A. de la Pcia. de Bs. As.) de Patagones, y en especial a Hugo Giorgetti por brindarme la posibilidad de realizar parte de los ensayos en dichas instalaciones.

Al Dr. Gabriel Bernardello por permitir la utilización de la imagen que ilustra la especie en el Capítulo I.

En el plano personal quiero agradecer muy especialmente a la persona que le da sentido pleno a mi vida, quien convierte mis problemas en suyos y me hace completamente feliz. Gracias Pame por hacer de mí todos los días una mejor persona. En este logro, como en cualquier otro, ocupas un lugar primordial.

Quiero agradecer muy especialmente a mis padres por incentivarlos siempre, darme su apoyo absoluto y brindarme sencillamente todo para hoy ser quien soy. Mi agradecimiento es eterno hacia ustedes, y no cabe en ningún texto posible. Simplemente gracias. A mi hermano por siempre estar presente cuando lo necesito.

A mis abuelas, Inés e Iris por su enorme generosidad y por siempre estar pendientes de mi bienestar.

Mi agradecimiento general a toda mi familia, con un recuerdo especial para mi abuelo quien es, sin dudas, una de las personas que más positivamente influyó en forma de ser y pensar.

A mis amigos de siempre, y a los de la peña, todos ellos saben el lugar destacado que ocupan en mi corazón.

RESUMEN

Durante los años 2007 a 2009, el Sur Bonaerense fue afectado por un fuerte déficit hídrico que causó importantes cambios en el paisaje, entre los que se registró un importante aumento de la presencia de la maleza *Baccharis ulicina* (Asteraceae) o “yerba de la oveja” en los pastizales de la región. *Baccharis ulicina* es un sub-arbusto perenne, dioico, no consumido por el ganado, con hojas pinnatisectas, cuyos frutos son cipselas de dispersión anemócora. La presente tesis abarca el estudio del crecimiento (a), la capacidad reproductiva (b), los factores que afectan la germinación de semillas (c), el potencial alelopático (d) y posibles herramientas de manejo (e) de la especie. Respecto al crecimiento (a) de *B. ulicina*, se determinó que el mayor gasto proporcional de recursos para generar hojas ocurre previo al invierno y en primavera; mientras que, la producción más importante de tallos se estableció a principios de primavera y la de raíces en otoño. En cuanto a la fecundidad de *B. ulicina* (b) se registró una duración del ciclo de producción de capítulos de entre 13 y 17 semanas, observándose en uno de los años estudiados un pico máximo a principios de febrero, en tanto que en el segundo año se concentró en el mes de marzo. Una planta produce entre 904 y 1.308 capítulos por año. Cada capítulo registró una media de 24 semillas. La emergencia de plántulas ocurre totalmente en unos pocos días posteriores a la incorporación de las semillas al suelo, con valores entre 6 y 11% en los meses de marzo-abril. La germinación de las semillas fue superior al 85% entre los 10 y 28°C y bajo cualquier régimen de luz. *B. ulicina* evidenció una gran capacidad adaptativa en cuanto a las condiciones de germinación (c). Se registraron casos de germinación hasta -1 Mpa de potencial osmótico y en concentraciones salinas de hasta 320 mM de NaCl. Respecto al potencial alelopático de *B. ulicina* (d) se observaron efectos fitotóxicos de extractos de tejidos de la maleza sobre la germinación de las especies cultivadas *Avena sativa*, *Lolium perenne* y *Raphanus sativus*. Entre las evaluaciones realizadas con dichos extractos sobre especies nativas, *Nassella tenuis* demostró una gran sensibilidad en su germinación, mientras que *Nassella clarazii* no registró efecto alguno. Además, la totalidad de las

especies citadas vio afectada su porcentaje de establecimiento al ser expuestas a dichas soluciones. Entre las herramientas de manejo evaluadas (e), no se registró muerte de plantas en los ensayos de quema controlada y control mecánico. Sin embargo, el control químico mostró evidencias de ser una herramienta de control eficiente, donde aplicaciones de 2.430 g de e.a.ha⁻¹ de glifosato alcanzaron controles superiores al 95% en tres estadios fenológicos evaluados. Evaluaciones de combinaciones de subdosis de glifosato y 2,4-D lograron controles de hasta 77%. Los objetivos planteados en la presente tesis permitieron generar importante información novedosa sobre la biología de *B. ulicina*, así como aproximaciones para su manejo.

ABSTRACT

During years 2007-2009, the South of Buenos Aires has been affected by a strong hydric deficit which generated enormous changes in the landscape, including a significant increase in the presence of *Baccharis ulicina* (Asteraceae) or "Yerba de la Oveja" in regional grasslands. *Baccharis ulicina* is a small perenne sub-shrub, diocious, non-palatable by cattle, with pinnatisect leaves and fruits denominated cypselae adapted to wind dispersion. This thesis involve the growth study (a), reproduction capacity (b), factors affecting seed germination (c), potential allelopathic effects (d) and feasible weed management (e) of the species. Growth of *B. ulicina* (a) registered that the largest proportional spending resources to produce leaves was before the winter and in spring, while the largest stem production was in early spring and root in fall. Reproduction capacity of *B. ulicina* (b) throughout the cycle of capitulum production ranged from 13 and 17 weeks, with a peak in early February and March for the first and second years, respectively. One plant produced between 904 and 1,308 capitulum per year. Each capitulum recorded an average of 24 seeds. Seedling emergence occurred exclusively within a few days after the incorporation of seeds in the ground, with values between 6 and 11% in the months of March-April. *Baccharis ulicina* displayed a great adaptive capacity in terms of germination conditions (c). Seed germination was above 85% between 10 and 28C of temperature and under any light regime. Germination cases were reported up to -1 MPa osmotic potential and up to 320 mM concentrations of NaCl. Regarding to allelopathic potential of *B. ulicina* (d) phytotoxic effects of weed tissue extracts was detected on the germination of cultivated species *Avena sativa*, *Lolium perenne* and *Raphanus sativus*. About native species, while *Nassella tenuis* showed great sensitivity in germination, *Nassella clarazzi* not registered any effects. Moreover, establishment percentage was affected in all species when exposed to such solutions. Among the evaluated management tools (e), trials of mechanical control and burning not produced plants death. However, chemical control showed efficient control, where applications of 2,430 g ea Ha⁻¹ of glyphosate reached 95% of control in three phenological stages evaluated.

Evaluations of sub-dose combinations of glyphosate and 2,4-D achieved controls up to 77%. The proposed objectives in this thesis allow achieving important new information on the biology of *B. ulicina* and approaches for its management.

Índice

| | |
|-----------------------|-----|
| Prefacio..... | i |
| Agradecimientos..... | iii |
| Resumen..... | v |
| Abstract..... | vii |
| Índice..... | ix |
| Lista de Tablas..... | xii |
| Lista de Figuras..... | xiv |

Capítulo I –“Introducción general”

| | |
|---|----|
| 1.1 Introducción general..... | 3 |
| 1.1.1 Definición de malezas..... | 3 |
| 1.1.2 Aspectos perjudiciales de las malezas..... | 4 |
| 1.1.3 Malezas en pastizales naturales..... | 5 |
| 1.2 Descripción del problema..... | 7 |
| 1.3 Caracterización del sudoeste bonaerense..... | 10 |
| 1.3.1 Suelos..... | 12 |
| 1.3.2 Clima..... | 12 |
| 1.3.3 Vegetación..... | 13 |
| Provincia Fitogeográfica del Espinal..... | 13 |
| Provincia Fitogeográfica del Monte..... | 13 |
| 1.4 Especie de estudio: <i>Baccharis ulicina</i> Hooker & Arnott..... | 14 |
| 1.4.1 Familia Asteraceae..... | 14 |
| 1.4.2 Género <i>Baccharis</i> L..... | 15 |
| 1.4.3 Importancia económica del género..... | 15 |
| 1.4.4 <i>Baccharis ulicina</i> | 16 |
| 1.5 Justificación de la investigación..... | 19 |

Capítulo II – “Dinámica de variables de crecimiento de *Baccharis ulicina* en condiciones controladas y de campo”

| | |
|--|----|
| 2.1 Introducción..... | 23 |
| 2.1.1 Hipótesis..... | 26 |
| 2.1.2 Objetivos..... | 28 |
| 2.2 Materiales y Métodos..... | 29 |
| 2.2.1 Crecimiento de <i>B. ulicina</i> en condiciones de campo..... | 29 |
| 2.2.2 Crecimiento de <i>B. ulicina</i> en diferentes suelos bajo condiciones de invernáculo..... | 36 |
| 2.3 Resultados y discusión..... | 38 |
| 2.3.1 Crecimiento de <i>B. ulicina</i> en condiciones de campo..... | 38 |
| 2.3.2 Crecimiento de <i>B. ulicina</i> en diferentes suelos bajo condiciones de invernáculo..... | 67 |
| 2.4 Conclusiones..... | 73 |

Capítulo III – “Caracterización de la dinámica de producción de semillas, germinación y emergencia de *Baccharis ulicina*”

| | |
|-----------------------|----|
| 3.1 Introducción..... | 77 |
|-----------------------|----|

| | |
|---|-----|
| 3.1.1 Hipótesis..... | 80 |
| 3.1.2 Objetivos..... | 82 |
| 3.2 Materiales y Métodos | 83 |
| 3.2.1 Variación de los componentes de producción de semillas (capítulos/planta y semillas/capítulo) de <i>B. ulicina</i> de acuerdo al tamaño de planta | 83 |
| 3.2.2 Dinámica de la producción de capítulos por planta durante el período reproductivo..... | 84 |
| 3.2.3 Emergencia de plántulas..... | 87 |
| 3.3 Resultados y discusión..... | 88 |
| 3.3.1 Variación de los componentes de producción de semillas (capítulos/planta y semillas/capítulo) de <i>B. ulicina</i> de acuerdo al tamaño de planta .. | 88 |
| 3.3.2 Dinámica de la producción de capítulos por planta durante el período reproductivo..... | 90 |
| 3.3.3 Emergencia de plántulas..... | 102 |
| 3.4 Conclusiones..... | 105 |

Capítulo IV – “Condiciones ambientales que afectan la germinación de *Baccharis ulicina*”

| | |
|---|-----|
| 4.1 Introducción..... | 109 |
| 4.1.1 Hipótesis..... | 112 |
| 4.1.2 Objetivos..... | 114 |
| 4.2 Materiales y Métodos | 115 |
| Efecto de las temperaturas constantes sobre la germinación | 116 |
| Efecto de las temperaturas alternas sobre la germinación..... | 117 |
| Efecto del fotoperíodo sobre la germinación | 117 |
| Efecto del potencial osmótico sobre la germinación..... | 118 |
| Efecto de la salinidad sobre la germinación | 118 |
| Efecto del pH sobre la germinación | 118 |
| Efecto de la profundidad de entierro de la semilla sobre la emergencia..... | 119 |
| 4.3 Resultados y discusión..... | 122 |
| Efecto de las temperaturas constantes sobre la germinación | 122 |
| Efecto de las temperaturas alternas sobre la germinación..... | 124 |
| Efecto del fotoperíodo sobre la germinación | 125 |
| Efecto del potencial osmótico sobre la germinación..... | 126 |
| Efecto de la salinidad sobre la germinación | 127 |
| Efecto del pH sobre la germinación | 128 |
| Efecto de la profundidad de entierro de la semilla sobre la emergencia..... | 129 |
| 4.4 Conclusiones..... | 131 |

Capítulo V - “Potencial efecto alelopático de *Baccharis ulicina* sobre la germinación y establecimiento de especies nativas y cultivadas”

| | |
|--|-----|
| 5.1 Introducción..... | 135 |
| 5.1.1 Hipótesis..... | 138 |
| 5.1.2 Objetivos..... | 139 |
| 5.2 Materiales y Métodos | 140 |
| 5.2.1 Evaluación del potencial alelopático de <i>B. ulicina</i> sobre la germinación de especies nativas y cultivadas..... | 141 |

| | |
|---|---------|
| 5.2.2 Evaluación del potencial alelopático de <i>B. ulicina</i> sobre el establecimiento de especies nativas y cultivadas..... | 142 |
| 5.3 Resultados y discusión..... | 144 |
| 5.3.1 Evaluación del potencial alelopático de <i>B. ulicina</i> sobre la germinación de especies nativas y cultivadas..... | 144 |
| 5.3.2 Evaluación del potencial alelopático de <i>B. ulicina</i> sobre el establecimiento de especies nativas y cultivadas..... | 152 |
| 5.3.3 Relación entre los resultados obtenidos para los procesos de germinación y establecimiento..... | 156 |
| 5.4 Conclusiones..... | 157 |
| Capítulo VI - “Respuesta de <i>Baccharis ulicina</i> a diversas técnicas de control (corte, quema controlada y control químico)” | |
| 6.1 Introducción..... | 161 |
| 6.1.1 Manejo de malezas..... | 161 |
| 6.1.2 Quema..... | 162 |
| 6.1.3 Control mecánico..... | 163 |
| 6.1.4 Control químico..... | 164 |
| 6.1.5 Hipótesis..... | 166 |
| 6.1.6 Objetivos..... | 167 |
| 6.2 Materiales y Métodos..... | 168 |
| 6.2.1 Quema controlada..... | 168 |
| 6.2.2 Control mecánico..... | 171 |
| 6.2.3 Control químico..... | 173 |
| 6.3 Resultados y discusión..... | 179 |
| 6.3.1 Quema controlada..... | 179 |
| 6.3.2 Control mecánico..... | 182 |
| 6.3.3 Control químico..... | 185 |
| 6.4 Conclusiones..... | 192 |
| Capítulo VII – “Consideraciones generales y perspectivas” | |
| Características del ciclo biológico de <i>B. ulicina</i> de interés para su manejo..... | 200 |
| Aspectos de interés para futuras líneas de estudio..... | 204 |
| Bibliografía..... | 207 |
| Apéndice 1..... | 227 |
| Apéndice 2..... | 229 |

Lista de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1.1. Sinonimia de <i>Baccharis ulicina</i> Hook. & Arn. con la correspondiente bibliografía donde fue citada por primera vez. | 16 |
| Tabla 2.1. Precipitaciones anuales y ocurrencia de temperaturas mínimas diarias menores a 0 °C durante los dos ciclos anuales de crecimiento estudiados (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) para las localidades de Bahía Blanca y Patagones. | 38 |
| Tabla 2.2. Grados días acumulados entre muestreos para los dos ciclos anuales de crecimiento estudiados (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones. | 39 |
| Tabla 2.3. Registro de ramificaciones, longitud total de ramificaciones, número de hojas y área foliar de plantas de <i>B. ulicina</i> creciendo en condiciones de campo durante dos ciclos anuales consecutivos (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones. | 47 |
| Tabla 2.4. Tasas de crecimiento absoluto (mg día ⁻¹) de hojas, tallos, raíces y total de plantas de <i>B. ulicina</i> creciendo en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015 en las localidades de Bahía Blanca y Patagones. | 53 |
| Tabla 2.5. Tasas de crecimiento relativo (mg mg ⁻¹ día ⁻¹) de hojas, tallos, raíces y total de plantas de <i>B. ulicina</i> creciendo en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015 en las localidades de Bahía Blanca y Patagones. | 56 |
| Tabla 2.6. Resultados de los análisis estadísticos donde se comparan las variables Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) y Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) de hojas, tallos, raíces y total de plantas de <i>B. ulicina</i> crecidas en Bahía Blanca con respecto a aquellas crecidas en Patagones para los ciclos anuales 2013-2014 y 2014-2015. | 59 |
| Tabla 2.7. Resultados de los análisis estadísticos donde se comparan las fracciones de hoja, tallo y raíz de plantas de <i>B. ulicina</i> crecidas en Bahía Blanca con respecto a aquellas crecidas en Patagones para los ciclos anuales 2013-2014 y 2014-2015. | 61 |
| Tabla 2.8. Materia seca (g) de hojas, tallos, raíces y total, relaciones MS raíz/MS total y MS raíz/MS parte aérea, y área foliar de plantas de <i>B. ulicina</i> luego de haber crecido en condiciones de invernáculo durante diez meses bajo suelos de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.* | 68 |
| Tabla 3.1. Producción de capítulos por planta y de semillas por capítulo tres tamaños diferentes de plantas de <i>B. ulicina</i> muestreadas en marzo de 2012 (mitad del ciclo reproductivo) pertenecientes a poblaciones naturales de las localidades de Patagones y Bahía Blanca. | 89 |
| Tabla 3.2. Altura, número de ramificaciones y peso seco aéreo de las plantas utilizadas de <i>B. ulicina</i> , durante el período reproductivo de 2013 en Bahía Blanca, y 2014 en Gral. Cerri y Bahía Blanca. | 91 |
| Tabla 6.1. Condiciones ambientales al momento de la quema. | 169 |
| Tabla 6.2. Esquema de los tratamientos de corte evaluados sobre <i>B. ulicina</i> de acuerdo a la altura de la planta a la que es efectuado y al momento de corte (contemplando tanto el número de cortes como el estado fenológico de la planta). | 172 |
| Tabla 6.3. Caracterización de las plantas correspondientes a los tres estados fenológicos al momento de las aplicaciones. | 175 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 6.4. Dosis de glifosato, 2,4-D y combinaciones de ambos herbicidas evaluadas sobre tres estados fenológicos de <i>B. ulicina</i> , expresadas como proporción de la dosis recomendada (X) y en gramos de equivalente ácido por hectárea (g e.a. ha ⁻¹) | 175 |
| Tabla 6.5. Altura de plantas de <i>B. ulicina</i> previo a la realización de una quema controlada (marzo de 2011), y a los 6, 12 y 24 meses posteriores a la misma en la localidad de Patagones. | 179 |
| Tabla 6.6. Diámetro de plantas de <i>B. ulicina</i> desde marzo de 2011, previa y posteriormente a una quema controlada en la localidad de Patagones. | 180 |
| Tabla 6.7. MS de plantas de <i>B. ulicina</i> a 24 meses de ser sometidas a una quema controlada en la localidad de Patagones en marzo de 2013. Los datos se presentan de acuerdo al tamaño de la planta previo a la quema y a la condición de cercanía (menos de 50 cm) con respecto a una especie leñosa. | 181 |
| Tabla 6.8. Materia seca acumulada de plantas de <i>B. ulicina</i> al finalizar un ciclo anual de crecimiento tras ser sometidas a distintos tratamientos de corte. | 183 |
| Tabla 6.9. Altura de plantas de <i>B. ulicina</i> al finalizar un ciclo anual de crecimiento tras ser sometidas a distintas frecuencias de corte. | 184 |
| Tabla 6.10. Características relativas a la calidad de las pulverizaciones realizadas sobre los distintos estados fenológicos de <i>B. ulicina</i> | 185 |
| Tabla 6.11. Respuesta de los tratamientos X y 2X de glifosato, 2,4-D y diferentes combinaciones de subdosis de ambos herbicidas evaluadas sobre individuos de <i>B. ulicina</i> en estado vegetativo temprano. | 187 |
| Tabla 6.12. Respuesta de los tratamientos X y 2X de glifosato, 2,4-D y diferentes combinaciones de subdosis de ambos herbicidas evaluadas sobre individuos de <i>B. ulicina</i> en estado vegetativo avanzado. | 189 |
| Tabla 6.13. Respuesta de los tratamientos X y 2X de glifosato, 2,4-D y diferentes combinaciones de subdosis de ambos herbicidas evaluadas sobre individuos de <i>B. ulicina</i> en estado reproductivo. | 191 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1.1. Imagen satelital donde se evidencia la suspensión de partículas en el aire producto de la erosión eólica (Fuente: Lab. De Teledetección y SIG, 28 de marzo de 2009). | 9 |
| Figura 1.2. Mapa de la Provincia de Buenos Aires donde se indican los partidos que conforman el “sudoeste bonaerense”. | 11 |
| Figura 1.3. Provincias fitogeográficas dentro del área abarcada por el Sudoeste Bonaerense dentro de la Provincia de Buenos Aires. | 12 |
| Figura 1.4. Partes de <i>Baccharis ulicina</i> . A.- Rama florífera, B.- Porción basal de la planta, C.- Capítulo femenino, D.- Flor femenina, E.- Cipsela, F.- Capítulo masculino, G.- Flor masculina. (Fuente: Iconoteca del Museo Botánico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba). | 18 |
| Figura 2.1. Curva sigmoidea de crecimiento, donde se distinguen sus diferentes fases: 1- Latencia, 2- Exponencial, 3- Lineal y 4- Senescencia. | 23 |
| Figura 2.2. a- Motocultivador con el que se realizaron los hoyos en el suelo, b- Bolsa de polietileno rellena de suelo, y c- Bolsa colocada en coincidencia con la superficie del suelo, con una planta de <i>B. ulicina</i> . | 30 |
| Figura 2.3. Lugares donde fueron tomados los suelos utilizados en la evaluación del crecimiento de <i>B. ulicina</i> bajo diferentes suelos de la zona de estudio. | 36 |
| Figura 2.4. Plántulas de <i>B. ulicina</i> creciendo en distintos suelos de la zona de estudio: a- C. de Patagones, b- H. Ascasubi, y c- Villa Ventana. | 37 |
| Figura 2.5. Materia seca total de plantas de <i>B. ulicina</i> crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales consecutivos (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones. | 40 |
| Figura 2.6. MS de la parte aérea, dividida en tallos y hojas, (a y c) y MS de la raíz (b y d) de plantas de <i>B. ulicina</i> creciendo en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 (a y b) y febrero 2014-febrero 2015 (c y d) en la localidad de Bahía Blanca. | 42 |
| Figura 2.7. MS de la parte aérea, dividida en tallos y hojas, (a y c) y MS de la raíz (b y d) de plantas de <i>B. ulicina</i> creciendo en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 (a y b) y febrero 2014-febrero 2015 (c y d) en la localidad de Patagones. | 43 |
| Figura 2.8. Altura de plantas de <i>B. ulicina</i> crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales consecutivos (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en la localidad de Bahía Blanca y Patagones. | 44 |
| Figura 2.9. Contenido de clorofila total (dividido en clorofilas a y b) de plantas de <i>B. ulicina</i> creciendo en condiciones de campo durante dos ciclos anuales consecutivos (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en las localidades de Bahía Blanca (a) y Patagones (b). | 49 |
| Figura 2.10. Tasas de crecimiento relativo (TCR) en $\text{mg.mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de hojas (a y c) y tallos (b y d) de plantas de <i>B. ulicina</i> crecidas en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 (a y b) y febrero 2014-febrero 2015 (c y d) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones. | 57 |
| Figura 2.11. Tasas de crecimiento relativo (TCR) en $\text{mg.mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ de raíces (a y c) y total (b y d) de plantas de <i>B. ulicina</i> crecidas en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 (a y b) y febrero 2014-febrero 2015 (c y d) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones. | 58 |
| Figura 2.12. Relación entre las variables MS parte aérea y MS raíces (transformadas logarítmicamente) de plantas de <i>B. ulicina</i> crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales en las localidades de Bahía Blanca y Patagones. | 60 |

- Figura 2.13.** Fracciones (g.g^{-1}) de hoja (a), tallo (b) y raíz (c) con respecto a la MS total de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante el ciclo anual febrero 2013-febrero 2014 en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.....62
- Figura 2.14.** Fracciones (g.g^{-1}) de hoja (a), tallo (b) y raíz (c) con respecto a la MS total de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante el ciclo anual febrero 2014-febrero 2015 en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.....63
- Figura 2.15.** Relación entre las variables fracción de hojas y MS total (transformada logarítmicamente) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.....65
- Figura 2.16.** Relación entre las variables fracción de tallos y MS total (transformada logarítmicamente) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.....66
- Figura 2.17.** Relación entre las variables fracción de raíces y MS total (transformada logarítmicamente) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.....66
- Figura 2.18.** Diámetro de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante seis meses en suelos de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.69
- Figura 2.19.** Altura de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelo de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.....69
- Figura 2.20.** Número de hojas de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelos con diferentes texturas.70
- Figura 2.21.** Número de ramificaciones de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelo de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.....70
- Figura 2.22.** Longitud total de ramificaciones de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelo de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.....71
- Figura 2.23.** Cobertura de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelo de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.71
- Figura 2.24.** Número de capítulos producidos por plantas de *B. ulicina* a partir del séptimo mes de crecimiento en suelos de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana bajo condiciones de invernáculo.....72
- Figura 3.1.** Planta de *B. ulicina* sobre la que se registró la producción de capítulos durante un ciclo reproductivo completo.85
- Figura 3.2.** Capítulos de *B. ulicina* en distinto grado de maduración, a- capítulo inmaduro, b- capítulo maduro, y c- receptáculo de la inflorescencia vacío.85
- Figura 3.3.** Estimación del número de semillas producidas por planta de *B. ulicina* (valor ubicado sobre las columnas), elaborado a partir de la información obtenida de muestreos en poblaciones naturales en marzo de 2012, de acuerdo al tamaño de planta y localidad.....90
- Figura 3.4.** Estimación del número de semillas producidas por planta de *B. ulicina* de acuerdo a la MS total acumulada al final del ciclo reproductivo de 2014, en poblaciones naturales de las localidades de Gral. Cerri y Bahía Blanca.....91
- Figura 3.5.** Datos meteorológicos de la localidad de Gral. Cerri correspondientes al período de producción de semillas de *B. ulicina* de los años 2013 (a) y 2014 (b). Los valores de temperatura representan el promedio semanal de la temperatura media diaria, mientras que las precipitaciones corresponden a las lluvias acumuladas en la semana.92

- Figura 3.6.** Datos meteorológicos de la localidad de Bahía Blanca correspondientes al período de producción de semillas de *B. ulicina* de los años 2013 (a) y 2014 (b). Los valores de temperatura representan el promedio semanal de la temperatura media diaria, mientras que las precipitaciones corresponden a las lluvias acumuladas en la semana. 93
- Figura 3.7.** Producción semanal de capítulos por parte de plantas medianas de *B. ulicina* en poblaciones naturales de las localidades de Gral. Cerri (a y b) y Bahía Blanca (c y d) durante los ciclos reproductivos de los años 2013 (a y c) y 2014 (b y d). 96
- Figura 3.8.** Producción acumulada de capítulos por parte de plantas medianas de *B. ulicina* en poblaciones naturales de las localidades de Gral. Cerri (a y b) y Bahía Blanca (c y d) durante los ciclos reproductivos de los años 2013 (a y c) y 2014 (b y d). 97
- Figura 3.9.** Germinación (a) y P_{1000} (b) de semillas tomadas de plantas medianas de *B. ulicina* durante el ciclo reproductivo de 2013 en una población natural de la localidad de Gral. Cerri..... 99
- Figura 3.10.** Germinación (a) y P_{1000} (b) de semillas tomadas de plantas medianas de *B. ulicina* durante el ciclo reproductivo 2013 en una población natural de la localidad de Bahía Blanca. 100
- Figura 3.11.** Emergencia de plántulas de *B. ulicina* durante el año posterior a la producción de las semillas en condiciones de campo de las localidades de Bahía Blanca y Napostá (abril de 2012 a marzo de 2013)..... 102
- Figura 3.12.** Emergencia de plántulas de *B. ulicina* durante el año posterior a la producción de las semillas en condiciones de campo de las localidades de Bahía Blanca y Napostá (abril de 2013 a marzo de 2014)..... 103
- Figura 4.1.** a- Unidad experimental: caja de Petri con 25 semillas de *B. ulicina*. b- Una de las cámaras de germinación con las que se realizó el estudio..... 116
- Figura 4.2.** a.-Adición de suelo hasta el nivel de profundidad del tratamiento, b.- Agregado de semillas de *B. ulicina*, y c.-Completado de suelo hasta el nivel de superficie.119
- Figura 4.3.** Porcentaje de germinación de semillas de *B. ulicina* a expuestas a temperaturas constantes. 122
- Figura 4.4.** a- Tiempo medio de germinación (TMG) para la totalidad de las temperaturas evaluadas. b- Determinación de la temperatura base mínima ($x=9,8$; $y=0$);. c- Determinación de la temperatura base máxima ($x=31,8$; $y=0$)..... 123
- Figura 4.5.** Porcentaje de germinación de semillas de *B. ulicina* expuestas a temperaturas alternas (12 h: 12 h), simulando las estaciones del año: verano (30/20°C), otoño (10/20°C), invierno (15/05°C) y primavera (25/15°C). 124
- Figura 4.6.** Porcentaje de germinación de *B. ulicina* bajo diferentes fotoperíodos a 20°C..... 125
- Figura 4.7.** Germinación de semillas de *B. ulicina* bajo diferentes valores de potencial osmótico..... 127
- Figura 4.8.** Germinación de semillas de *B. ulicina* bajo diferentes concentraciones salinas. 128
- Figura 4.9.** Porcentaje de germinación de *B. ulicina* bajo diferentes valores de pH. Barras con la misma letra no difieren estadísticamente entre si según Tukey ($p<0,05$). 129
- Figura 4.10.** Emergencia de plántulas de *B. ulicina* originadas a partir de semillas colocadas a diferentes profundidades en condiciones de invernáculo..... 130
- Figura 5.1.** Porcentaje de germinación de semillas de *Nassella clarazii* en condiciones controladas (24°C y fotoperíodo de 12 hs), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados)..... 144

- Figura 5.2.** Velocidad de germinación de semillas de *Nassella clarazii* en condiciones controladas (24°C y fotoperíodo de 12 hs), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012..... 145
- Figura 5.3.** Porcentaje de germinación de semillas de *Nassella tenuis* en condiciones controladas (24°C y fotoperíodo de 12 hs), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012..... 146
- Figura 5.4.** Velocidad de germinación de semillas de *Nassella tenuis* en condiciones controladas (24°C y fotoperíodo de 12 hs), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012..... 146
- Figura 5.5.** Porcentaje de germinación de semillas de *Avena sativa* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. 147
- Figura 5.6.** Velocidad de germinación de semillas de *Avena sativa* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. 148
- Figura 5.7.** Porcentaje de germinación de semillas de *Lolium perenne* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados). 149
- Figura 5.8.** Velocidad de germinación de semillas de *Lolium perenne* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. 149
- Figura 5.9.** Porcentaje de germinación de semillas de *Raphanus sativus* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012..... 150
- Figura 5.10.** Velocidad de germinación de semillas de *Raphanus sativus* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012..... 151
- Figura 5.11.** Establecimiento de plántulas de *Nassella clarazii* en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012..... 152

| | |
|--|-----|
| Figura 5.12. Establecimiento de plántulas de <i>Nassella tenuis</i> en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de <i>B. ulicina</i> en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados)..... | 153 |
| Figura 5.13. Establecimiento de plántulas de <i>Avena sativa</i> en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de <i>B. ulicina</i> en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012..... | 154 |
| Figura 5.14. Establecimiento de plántulas de <i>Lolium perenne</i> en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de <i>B. ulicina</i> en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados)..... | 154 |
| Figura 5.15. Establecimiento de plántulas de <i>Lolium perenne</i> en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de <i>B. ulicina</i> en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados)..... | 155 |
| Figura 6.1. Data logger que permitió el registro de las temperaturas tomadas por las termocuplas durante la quema. Fuente: Ithurrtar, 2015. | 169 |
| Figura 6.2. Esquema de aplicaciones de los tratamientos herbicidas sobre los distintos estados fenológicos de <i>B. ulicina</i> | 173 |
| Figura 6.3. a- Vista general del equipo. b- Dispositivo pulverizador. c- Cinta transportadora. d- Plantas de <i>B. ulicina</i> en EVT próximas a aplicarse..... | 176 |
| Figura 6.4. Tarjeta hidrosensible utilizada para evaluar la calidad de aplicación. | 177 |
| Figura 6.5. Curva de dosis-respuesta de glifosato aplicado a plantas de <i>B. ulicina</i> en estado vegetativo temprano ($r = 0,90$)..... | 185 |
| Figura 6.6. Curva de dosis-respuesta de 2,4-D aplicado a plantas de <i>B. ulicina</i> en estado vegetativo temprano ($r = 0,85$)..... | 186 |
| Figura 6.7. Curva de dosis-respuesta de glifosato aplicado a plantas de <i>B. ulicina</i> en estado vegetativo avanzado ($r = 0,69$)..... | 187 |
| Figura 6.8. Curva de dosis-respuesta de 2,4-D aplicado a plantas de <i>B. ulicina</i> en estado vegetativo avanzado ($r = 0,73$)..... | 188 |
| Figura 6.9. Curva de dosis-respuesta de glifosato aplicado a plantas de <i>B. ulicina</i> en estado reproductivo ($r = 0,89$). | 190 |
| Figura 6.10. Curva de dosis-respuesta de 2,4-D aplicado a plantas de <i>B. ulicina</i> en estado reproductivo ($r = 0,78$). | 190 |
| Figura 7.1. Esquema de manejo integrado de <i>B. ulicina</i> , donde se involucran la información generada de aspectos biológicos y ecológicos de la especie con las herramientas de control evaluadas..... | 203 |

Capítulo I –

“Introducción general”

1.1 Introducción general

1.1.1 Definición de malezas

Para toda persona implicada en la temática de malezas, es importante arribar a una definición de este tipo de plantas. En este sentido, es importante considerar que no existe una única definición universalmente aceptada por todo el ámbito académico. El concepto de maleza cobra relevancia desde el momento en que los pueblos sedentarios o semi-sedentarios realizan las primeras actividades productivas relativas a la agricultura o la ganadería, hace unos 10.000 años atrás (Cox, 2006; Ríos, 2006).

Sin embargo, las primeras definiciones formales se remontan a fines del siglo XIX y principios del XX. En 1895 Bailey publicó una interesante frase donde queda explícita la esencia antropocéntrica del concepto de maleza: “la naturaleza no reconoce plantas como malezas”. Luego, en 1912 Blatchley elaboró con gran pragmatidad la definición del término maleza como “planta fuera de lugar o creciendo donde no es deseada”. En esa misma publicación, Emerson introdujo una definición de maleza menos académica, aunque muy interesante: “planta cuyas virtudes no fueron aun descubiertas” (Blatchley, 1912). Treinta años más tarde Muenseher planteó una definición que de algún modo resumía a todas las anteriores: “las malezas son aquellas plantas con hábitos o características dañinas u objetables, que crecen donde no son deseadas, usualmente en lugares donde es deseado que crezca alguna otra cosa” (Muenseher, 1946). En 1967, la Weed Science Society of America aceptó la definición de “planta creciendo donde no es deseada” (Bandeem y Buchholtz, 1967). Esta definición recién fue cambiada por dicha institución en 1989, cuando adoptó la de “cualquier planta que es objetable o interfiere con las actividades o el bienestar del hombre” (Humburg, 1989; Vencill, 2002). Entretanto, la European Weed Research Society (1986) definió maleza como “cualquier planta o vegetación, excluyendo hongos, interfiriendo con los objetivos o requerimientos de la gente”.

Aldrich y Kremer (1997) postularon, tal vez, la definición más completa entre las mencionadas, que sin negar la validez de las anteriores introduce una base ecológica.

Según estos autores, una maleza es “Una planta que evolucionó en respuesta a un ambiente natural o impuesto, y continua haciéndolo, como una interferencia relacionada a nuestros cultivos y actividades”.

1.1.2 Aspectos perjudiciales de las malezas

El efecto negativo más evidente que producen las malezas es la reducción en la disponibilidad por parte de los cultivos o plantas deseadas de nutrientes, luz, agua, etc. En la agricultura de secano, el agua y el nitrógeno son usualmente los recursos más limitantes para el crecimiento del cultivo, y por ende del rendimiento de los mismos (Patterson, 1995).

Otro costo generado por las malezas es el asociado a su control: cualquier operación de manejo de malezas, desde la remoción manual hasta la aplicación de un herbicida, tiene un costo económico. Estos son a menudo necesarios para prevenir pérdidas mayores del cultivo y para poder obtener un beneficio asociado al mismo (Hemstrom *et al.*, 2002; Carrick y Krüger, 2007).

Un importante perjuicio ocasionado por las malezas es la reducción en la calidad de la producción agrícola-ganadera. Las malezas también afectan la disponibilidad del forraje en pastizales naturales, disminuyendo la capacidad de pastoreo (Zimdahl, 2013).

Muchas malezas afectan la salud del ganado a través de la producción de diferentes toxinas, pudiendo incluso causar la muerte. Es posible encontrar cientos de toxinas pertenecientes a unos 20 grupos químicos, incluyendo alcaloides, glucósidos, saponinas, resinoides, oxalatos, y nitratos (Kingsbury, 1964). Algunas malezas pueden causar daños mecánicos sobre el ganado, tales como lesiones oculares.

Las malezas toman agua de distintas profundidades y evaporan a diferentes tasas que las demás especies, por lo que alteran el ciclo del agua (Hatler y Hart, 2009).

Algunas plantas cuentan con pelos urticantes y el contacto con ellas puede causar inflamación, prurito, dermatitis, ampollas y erupción dolorosa (Wehtje y Gilliam, 2015). Las especies arbustivas dotadas con espinas también pueden generar problemas de salud en humanos (Di Tomaso, 2000).

1.1.3 Malezas en pastizales naturales

Los pastizales naturales cubren más del 40% de la superficie terrestre, alojan aproximadamente un cuarto de la población mundial, y se encuentran en todos los climas, topografías, y sobre la mayoría de los tipos de suelo (Suttie *et al.*, 2005). En Argentina, dos tercios de los casi 3 millones de km² de su superficie están asociados con territorios áridos y semiáridos de pastizales naturales (Fernández y Busso, 1999).

Estos ambientes se distinguen por ser áreas sin labrar, predominantemente en regiones áridas o semiáridas, manejados como un ecosistema natural donde prosperan gramíneas, herbáceas y arbustivas (Zimdahl, 2013). Los pastizales naturales constituyen uno de los reservorios de carbono orgánico más importantes del planeta, por ello su conversión hacia la agricultura es una de las causas de mayor contribución al calentamiento global (Ruiz Sinoga *et al.*, 2012). Se identifican tres aspectos fundamentales que caracterizan a los pastizales: (i) existen limitantes de agua y nutrientes, principalmente nitrógeno, (ii) la producción anual de biomasa cuenta con una gran variabilidad, tanto espacial como temporal, (iii) estas tierras son sistemas naturales donde el ambiente y las personas que lo habitan están relacionados histórica y culturalmente (Havstad *et al.*, 2009).

Los pastizales naturales proveen numerosos recursos de donde el hombre adquiere importantes bienes y servicios, tanto económicos como ecológicos (Brunson y Huntsinger, 2008). Entre ellos, se encuentran la regulación de gases de la atmósfera, provisión de hábitat a las especies silvestres, mantenimiento del ciclo del agua, control de la erosión, polinización, conservación de variedad genética, además de sostener la producción ganado (Costanza *et al.*, 1997).

Un aspecto que puede afectar la sustentabilidad de los pastizales es el uso selectivo que hace el ganado de la vegetación, ya que beneficia a las especies habitualmente no consumidas. Además, la defoliación intensa y el pisoteo reducen la cobertura del estrato herbáceo y la capacidad de infiltración del suelo, e incrementan la proporción de suelo desnudo y la compactación (de Villalobos, 2013). De esta forma, la superficie del suelo es sometida a una mayor intensidad de insolación lo cual aumenta su tasa de evaporación

(Breshears *et al.*, 1997; Davenport *et al.*, 1998). Por lo anteriormente expuesto, es fundamental mantener la presencia de vegetación herbácea, que además, protege al suelo de la erosión hídrica y eólica (Rietkerk y van de Koppel, 1997).

En general, se considera que los pastizales naturales cuentan con niveles intermedios de productividad primaria, la cual guarda correlación con las precipitaciones (Sala *et al.*, 1988; Gómez y Gallopín, 1991; Mcnaughton, 1991). Un amplio estudio global recientemente realizado de forma mancomunada entre numerosos autores, determinó que en los pastizales naturales existe un incremento linear positivo de la productividad de los mismos en relación a la riqueza de especies (Grace *et al.*, 2016). A medida que la riqueza de especies incrementa en un pastizal, mayor es la resistencia a la sequía de dicho sistema (Tilman y Downing, 1994).

A pesar de su importancia, los pastizales constituyen uno de los ambientes con menor nivel de protección. A modo de ejemplo, en Sudamérica menos del 0,3 % de la extensión de este tipo de ecosistemas está incluida en áreas protegidas (Bilenca y Miñarro, 2004). La preservación de los pastizales naturales es particularmente importante ya que existen escasos relictos en buen estado de conservación (Primack *et al.*, 1998). La rehabilitación de los pastizales naturales sobrepastoreados es dificultosa y muchas veces imposible (de Villalobos, 2013). Esto se debe a la inercia demográfica que ocurre cuando una especie domina la comunidad vegetal y no hay sitios disponibles para el establecimiento de las especies competidoras (Wiegand y Milton, 1996).

Las comunidades de pastizales naturales contienen especies que pertenecen a la flora nativa y que se convierten en malezas sólo cuando estas áreas se emplean para el pastoreo. Aquí el concepto de maleza es especialmente relativo: desde un punto de vista extremo todas las plantas que no tienen una producción o valor nutritivo alto pueden ser consideradas como indeseables o malezas. Desde una visión moderada, las malezas son plantas con influencia negativa en la cría o producción de animales, o bien no son palatables y tienen un poder competitivo alto sobre otras especies deseables (Zimdahl, 2013). Las

malezas causan más pérdidas económicas en los pastizales que todas las demás plagas combinadas (Quimby *et al.*, 1991).

Los pastizales son por lo general ambientes extensos, donde el acceso para realizar control mecánico o químico sobre las malezas es difícil sino imposible, debido a cuestiones topográficas y/o la presencia de especies arbustivas. Las prácticas de manejo de malezas más habituales en pastizales son el corte (sobre todo en pequeña escala), la quema controlada (Boo, 1990; Boo *et al.*, 1996; Boo *et al.*, 1997) o el uso de herbicidas (fundamentalmente reguladores del crecimiento) (Sellers y Ferrell, 2015).

El ganado tiene un rol importante en la dispersión de las malezas ya que en muchos casos intervienen activamente, ya sea transportando semillas adheridas a su cuerpo o alimentándose de frutos y dejando en sus heces semillas aptas para germinar.

Las malezas de los pastizales son comúnmente perennes e incluyen numerosos ejemplares de la familia Asteraceae (Zimdahl, 2013).

1.2 Descripción del problema

Durante el período comprendido entre los años 2007 a 2009 la Región Pampeana fue afectada por un fuerte déficit hídrico, tanto por su extensión geográfica como por su intensidad y duración (Serio y Vich, 2010; D'Ambrosio *et al.*, 2013). En 2008, las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, La Pampa y Chaco fueron declaradas bajo emergencia agropecuaria (Campo *et al.*, 2009). En el sudoeste bonaerense las condiciones climáticas son muy erráticas y las condiciones de déficit hídrico son usuales (Andrade *et al.*, 2009). Sin embargo, en el citado período la situación fue atípicamente intensa (Bohn *et al.*, 2011; De Batista *et al.*, 2012), al punto que la cota del embalse Paso de las Piedras estuvo cerca de su altura más baja en toda la historia (Campo *et al.*, 2009). En el sudoeste bonaerense, la sequía tuvo un particular impacto en los partidos de Villarino y Patagones, definidos como una región ambientalmente frágil (Bassi *et al.*, 2009). La falta de precipitaciones acentuó la vulnerabilidad de los sistemas agropecuarios de la región, a la cual, contribuyó la utilización de ciertas prácticas de manejo inadecuadas. Durante las

últimas décadas, dicha zona ha sufrido la eliminación de la vegetación natural arbustiva, sólo en el partido de Patagones en el período 1975-2002 se perdieron 386.542 ha de monte (Pezzola *et al.*, 2004). La presión ejercida sobre los sistemas agropecuarios en la búsqueda de la máxima rentabilidad en el corto plazo, condujo a una actividad agropecuaria de alto impacto en suelos no aptos para una producción agropecuaria intensiva (Conti y Adúriz, 2010). La realización de cultivos anuales con una inadecuada mecanización, condujo al refinamiento excesivo de los suelos (Sánchez, 2011).

El promedio anual histórico de precipitaciones de Patagones para el período 1981-2009 fue de 412,9 mm; mientras que, en los años 2007, 2008 y 2009 sólo se registraron 287, 198 y 195 mm, respectivamente (comunicación personal Ing. Agr. Montenegro)¹. Es decir, precipitaron sólo 680 mm sumados los tres años, marca que únicamente fue inferior en los trienios de 1936 a 1938 (643 mm) y de 1960 a 1962 (650 mm) (Conti y Adúriz, 2010).

Como consecuencia de las escasas precipitaciones, muchos productores debieron trasladar su hacienda hacia el norte; mientras que, en los casos más extremos llegaron incluso a abandonar sus campos por la gravedad del fenómeno (Barelli, 2010). Se produjeron importantes perjuicios económicos a causa de una elevada mortandad de animales por la escasez de agua y alimento, grandes pérdidas en la agricultura y bajas en cursos de agua naturales (Lurman, 2009 a). Se estima que el stock ganadero del Partido de Patagones, se redujo un 48,9% en dicho período, contemplando los animales vendidos y muertos (De Batista *et al.*, 2012; Porras, 2013).

Ante la escasez de alimento para el ganado, se generalizaron los casos de sobrepastoreo de pastizales naturales y rastrojos. La actividad ganadera trajo asociados problemas de degradación de recursos naturales, tales como la reducción de la cobertura vegetal, la erosión hídrica y eólica de los suelos, y el deterioro físico-químico de los mismos (Peter *et al.*, 2012). Una muestra de la magnitud de la situación en el período descripto

¹ El Ing. Agr. Oscar Montenegro es técnico de la Chacra Experimental Patagones, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Bs. As).

puede observarse en la Figura 1.1, donde se manifiesta la gran cantidad de partículas en suspensión como resultado de la erosión eólica.



Figura 1.1. Imagen satelital donde se evidencia la suspensión de partículas en el aire producto de la erosión eólica (Fuente: Lab. De Teledetección y SIG, 28 de marzo de 2009).

Este complejo panorama afectó notablemente a todo el ecosistema en general, aunque con una marcada incidencia sobre la flora en particular (Iurman, 2009a). Sin embargo, a diferencia de la mayoría de las especies del pastizal, *Baccharis ulicina* (Asteraceae) aumentó su densidad poblacional. Según registros tomados anualmente en Patagones, como resultado de 24 transectas de 20 m de largo y 2 m de ancho, la densidad media de *B. ulicina* incrementó un 56% entre los años 2005 y 2011 (Peláez información sin publicar)².

Debido a ciertas características morfo-anatómicas de *B. ulicina*, tales como hojas profundamente pinnatisectas que prácticamente no tienen lámina, la especie cuenta con una bajísima preferencia de consumo por parte del ganado (Rauber *et al.*, 2014). En términos productivos, el incremento en la densidad de una especie no deseada reduce la capacidad de carga, disminuye la diversidad de la comunidad y afecta las interacciones entre organismos (Archer, 1995; de Villalobos y Zalba, 2010). El aumento de la presencia de *B. ulicina* en los pastizales provoca un importante perjuicio económico en los sistemas ganaderos al disminuir la cantidad de forraje disponible. Se debe sumar a esto el costo económico directo que supone el control de *B. ulicina*, que es uno de los factores más

² El Dr. Peláez es profesor titular de la Cátedra Producción y Utilización de Pasturas del Departamento de Agronomía, UNS.

importantes en la determinación de la pérdida económica provocada por las malezas (Labrada *et al.*, 1996).

Como se puede interpretar, las variables que intervienen en el aumento de la densidad de la especie son relativamente complejas y no es posible realizar una asociación de una única causa a la gran expansión de *B. ulicina*.

La consideración de *B. ulicina* como maleza es ciertamente particular, dado que se trata de una especie nativa, es decir que la misma co-evolucionó durante toda su existencia con las características de su entorno natural actual. Sin embargo, la ocurrencia de cambios en el ambiente favoreció un aumento en la abundancia de la especie, tornándose un aspecto perjudicial para los sistemas ganaderos de la región (comunicación personal Ing. Agr. Giorgetti)³. Frente a esta situación, y ante la ausencia de información relativa tanto a la biología de *B. ulicina*, como a posibles estrategias de manejo de la especie, se identificó la necesidad de realizar un estudio que abarque dichos aspectos.

1.3 Caracterización del sudoeste bonaerense

Los partidos que componen el sudoeste bonaerense son los contemplados por la ley 13.647⁴, la cual promueve el desarrollo de dicha región (Fig. 1.2). Se trata de un área de transición entre la región pampeana húmeda y la Patagonia argentina, y presenta una diversidad productiva conforme cambian las condiciones de precipitación y la fertilidad de los suelos (Burgos, 1963). Dicha región abarca 6.500.000 hectáreas, donde residen 533.000 habitantes (Censo Nacional Agropecuario, 2002).

Geomorfológicamente dicho territorio corresponde a la llanura pampeana, y su fisonomía plana sólo se ve interrumpida por el Sistema Serrano de Ventania, dando una leve inclinación Norte-Sur (Oliva *et al.*, 2010).

Según datos del Censo Nacional Agropecuario (CNA) del año 2002 existen dentro de la región 8.000 explotaciones agropecuarias. Hacia el noreste los suelos son más aptos para

³ El Ing. Agr. Hugo Giorgetti es responsable de la Chacra Experimental Patagones, Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Bs. As).

⁴ Ley 13.647 – Año 2007- Ley de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense. Boletín Oficial de la Provincia de Buenos Aires, La Plata, Argentina.

la agricultura; mientras que, casi toda la superficie tiene potencial para la producción ganadera (Porrás, 2013).

El trigo es el cultivo predominante en todos los partidos, tanto geográfica como históricamente (Lucanera, 2008).

La ganadería, a través de la cría bovina y ovina, es la actividad que abarca mayor superficie, alcanzando 70% del total regional. Se desarrolla principalmente en los distritos de Villarino y Patagones (Laborde, 2010).

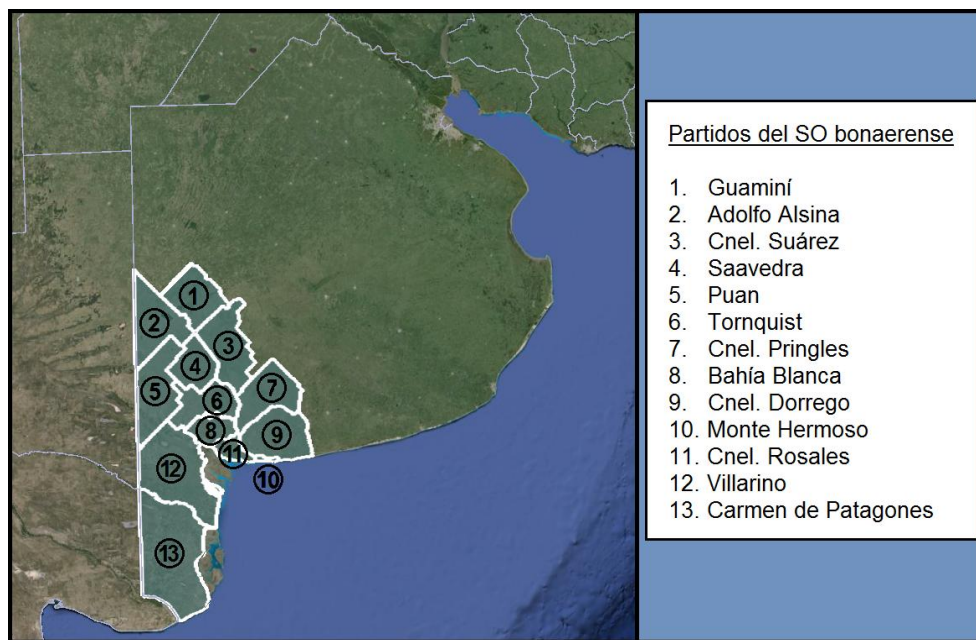


Figura 1.2. Mapa de la Provincia de Buenos Aires donde se indican los partidos que conforman el “sudoeste bonaerense”.

Si bien el aumento en la densidad de *B. ulicina* afecta a la totalidad del sudoeste bonaerense, la intensidad y el alcance de la misma es mayor en la porción abarcada por las Provincias Fitogeográficas del Monte y del Espinal (Cabrera, 1976) (Fig. 1.3).

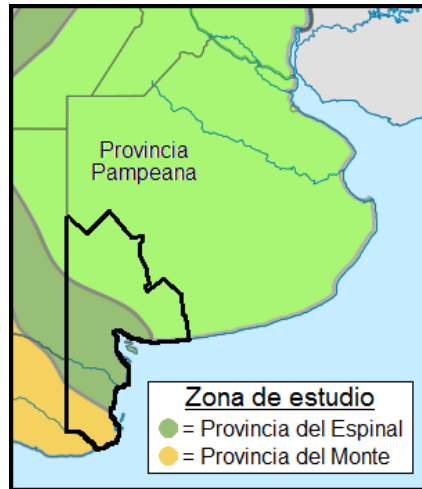


Figura 1.3. Provincias fitogeográficas dentro del área abarcada por el sudoeste bonaerense dentro de la Provincia de Buenos Aires.

1.3.1 Suelos

El desarrollo que han adquirido los suelos de la región es relativamente escaso en cuanto a la cantidad de horizontes o estratos del perfil, contenido de nutrientes y presencia abundante de carbonato de calcio. Esto se debe principalmente al variable y escaso régimen pluviométrico, que es uno de los principales factores formadores de suelos (Sánchez, 2011).

Los suelos son en general de textura franco arenosa con escasa materia orgánica y limitada capacidad de agregación, por lo que son propensos a la erosión eólica (Sánchez, 2011). El nitrógeno y el fósforo son los nutrientes con mayores deficiencias comprobadas en toda el área (Ron y Loewy, 2000).

En la actualidad la adopción de la tecnología de siembra directa se halla ampliamente difundida (Duran *et al.*, 2013), sin embargo, las últimas décadas se caracterizaron por modelos de producción que utilizaban labranza convencional con baja o nula reposición de nutrientes (Ron *et al.*, 2011).

1.3.2 Clima

El clima de la zona es templado. Las medias anuales de temperatura están comprendidas entre 14 °C y 20 °C (Campo *et al.*, 2011). En verano son frecuentes los registros por encima de 40 °C; mientras que, en invierno son habituales las temperaturas

inferiores a los 0 °C. El período libre de heladas promedio abarca desde principios de noviembre hasta mediados de abril (Campo *et al.*, 2009).

La dirección de los vientos predominantes es del norte, nordeste y noroeste (Bohn *et al.*, 2011). La intensidad del viento habitualmente oscila entre 8 y 30 km/h (Capelli de Steffens y Campo, 1994; Campo *et al.*, 2004).

De acuerdo a Burgos y Vidal (1951), la región se clasifica como subhúmeda seca (Gil *et al.*, 2008). El régimen de precipitaciones presenta una marcada variación interanual, con máximos en primavera y en otoño, un mínimo en invierno y veranos erráticos (Krepper *et al.*, 1989). Los rasgos de continentalidad aumentan de noreste a suroeste generando una disminución notoria de las precipitaciones en este sentido. A modo de ejemplo, las precipitaciones anuales históricas registradas en Bahía Blanca, Hilario Ascasubi y Carmen de Patagones son de 685, 524 y 380 mm, respectivamente (Campo *et al.*, 2011).

1.3.3 Vegetación

Provincia Fitogeográfica del Espinal

Las formaciones vegetales características son bosques bajos y abiertos de especies leñosas xerófilas (principalmente *Prosopis* spp), que se entremezclan con sabanas y estepas de gramíneas (Cabrera, 1976).

La zona de la provincia contemplada por el presente estudio corresponde al *Distrito Fitogeográfico del Caldén*. Sus suelos tienen importantes contenidos de arena, habitualmente con aptitud ganadera y ocasionalmente agrícola (Lurman, 2009 b).

Provincia Fitogeográfica del Monte

La vegetación característica forma estepas arbustivas xerófilas y halófilas. Incluye formaciones arbustivas, con predominancia de especímenes del género *Larrea* (Cabrera, 1976). La zona de estudio se encuentra en el *Distrito Fitogeográfico del Monte de Llanuras y Mesetas*. Los suelos son por lo general arenosos, profundos y muy permeables (Scherger *et al.*, 2012).

1.4 Especie de estudio: *Baccharis ulicina* Hooker & Arnott

Reino: Plantae
 División: Spermatophyta
 Subdivisión: Angiospermae
 Clase: Dicotyledoneae
 Orden: Asterales
 Familia: Asteraceae
 Tribu: Astereae
 Subtribu: Baccharidinae
 Género: *Baccharis* L.
 Sección: Angustifoliae

1.4.1 Familia Asteraceae

Asteraceae es la familia más diversa de Angiospermae con más de 23.000 especies herbáceas y arbustos, comprendidas en más de 1.000 géneros que ocupan todos los continentes a excepción de la Antártida (Cronquist, 1980; Bohm y Stuessy, 2001; Jeffrey, 2007). Habitualmente cuentan con raíz axonomorfa, frutos secos denominados aquenios o cipselas según los distintos autores y los sépalos se encuentran profundamente modificados, formando un papus o vilano de cerdas o pelos (Zomlefer, 1994; Marzinek *et al.*, 2008). Uno de los aspectos más distintivos de la familia es la presencia de flores que se disponen estrechamente apretadas en una inflorescencia densa conocida como capítulo. Este es semejante a una sola gran flor, por lo que actúa como una ‘unidad de atracción’ única a los polinizadores (Stebbins, 1967; Broholm *et al.*, 2008).

En Argentina se pueden encontrar 1.490 especies pertenecientes a la familia Asteraceae, 387 de las cuales son endémicas (Zuloaga *et al.*, 2014). Existen 64 especies de la familia Asteraceae que se comportan como malezas invasoras en Argentina (Bentivegna y Zalba, 2014).

La subtribu Baccharidinae comprende cinco géneros sudamericanos, uno de los cuales es *Baccharis* L. (Ariza Espinar, 1973).

1.4.2 Género *Baccharis* L.

El género *Baccharis* fue descrito por primera vez por Linneo, cuando en 1737 en su obra *Hortus Cliffortianus* clasificó dentro de este a varias especies de diversos géneros actuales, apenas una pertenecía verdaderamente a *Baccharis* (*B. halimifolia* L.). La etimología de *Baccharis* corresponde al vocablo griego “βακκαρίς” (bakkaris) en honor a Baco, dios del vino. El término hace referencia al olor a especias de las raíces de una planta (que luego fue llamada “Valeriana celta”), y se debe a que en la antigüedad las especias eran consumidas de forma conjunta con el vino (Parsons y Cuthbertson, 1992; Kissmann y Groth, 1999).

El género *Baccharis* es el más rico en especies dentro de la familia Asteraceae, estimándose su número entre 354 y 500 (Malagarriga Heras, 1977; Abad y Bermejo, 2007; Müller, 2013). Está compuesto por plantas herbáceas, perennes, arbustos, y árboles de una altura de 50 cm a 4 m (Budel *et al.*, 2005). El 90% de las especies del género habitan en América del Sur, aunque se distribuyen prácticamente por toda América, (Boldt, 1989; Müller, 2006). En Argentina se han registrado 96 especies del género *Baccharis*, clasificadas dentro de 30 secciones (Giuliano, 2000; Giuliano y Freire, 2011).

1.4.3 Importancia económica del género

Dentro del género *Baccharis* existen numerosas especies que interfieren con los intereses productivos pero sólo unas pocas pueden considerarse malezas, entre ellas *B. ulicina*, *B. gilliesii*, *B. salicifolia*, *B. pingraea* y *B. stenophylla* (Troiani, 1985). Algunas son malezas de difícil control en pastizales naturales como *B. ulicina* y *B. gilliesii*, otras son causantes de intoxicaciones en el ganado como *B. halimifolia* o *B. coridifolia*, y algunas incluso se han convertido en plantas invasoras como *B. neglecta* (Gonzaga Verdi *et al.*, 2005; Lertora y Negrette, 2015).

Por otra parte, dentro del género se encuentran especies de importancia económica por su efecto benéfico, ya sea por su valor medicinal, ornamental o por su utilidad para impedir la erosión. Entre ellos, el primero es el que más se destaca, ya que varias especies

son utilizadas popularmente en la medicina tradicional de América Latina (Corrêa, 1984; Bohlmann *et al.*, 1985; Carneiro y Fernandes 1996).

1.4.4 *Baccharis ulicina*

Baccharis ulicina fue descrita por primera vez por Hooker y Arnott (1840), y si bien la especie ha sido citada en diversas ocasiones en la bibliografía, la bioecología de la misma nunca fue estudiada anteriormente en profundidad. La especie ha sufrido numerosas modificaciones en la nomenclatura a lo largo del tiempo (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Sinonimia de *Baccharis ulicina* Hook. & Arn. con la correspondiente bibliografía donde fue citada por primera vez.

| Sinonimia | Citas |
|---|---|
| <i>Neomolina ulicina</i> (Hook. & Arn.) Hellwig. | 1993. Candollea. 48, 213. |
| <i>Baccharis ulicina</i> Hook. & Arn. var. <i>multifida</i> (Griseb.) Kuntze. | 1898. Revisio generum plantarum. 3, 2: 135. |
| <i>Baccharis pinnatifida</i> Klatt. | 1881. Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle. 15,2: 327. |
| <i>Vittadinia multifida</i> Griseb. | 1874. Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. 19, 171. |
| <i>Baccharis strobiliana</i> Ces. | 1871. Atti della Reale Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche (Napoli). 5, 12. |
| <i>Baccharis ulicina</i> Hook. & Arn. var. <i>humilis</i> . | 1840. Journal of Botany. 3, 17: 38. |
| <i>Baccharis ulicina</i> Hook. & Arn. var. β . | 1840. Journal of Botany. 3, 17, 38. |

Baccharis ulicina es conocida vulgarmente como “yerba de la oveja”, aunque en algunas regiones es referida como “romerillo” o “pichana de oveja”. Es un sufrútice perenne dioico de 20-80 cm de altura, con ramificaciones que surgen de manera simpodial desde la base. Los tallos presentan estrías, son simples o poco ramificados y poseen hojas hasta el ápice (Fig. 1.4a y b) (Cabrera 1971; Ariza Espinar y Novara, 2005).

Las hojas son sésiles, se disponen alternadamente, tienen 1,5 - 4,5 cm de longitud y 0,3 - 2 cm de ancho. Son profundamente pinnatisectas, de contorno elíptico con 2-5 pares de lóbulos filiformes, alternos u opuestos (Fig. 1.4a) (Lamberto *et al.*, 1997).

En estado reproductivo *B. ulicina* presenta numerosos capítulos levemente laxos, de pedúnculos cortos, dispuestos en el ápice de los tallos formando cimas paniculiformes o corimbiformes (Fig. 1.4a) (Lamberto *et al.*, 1997).

Los capítulos masculinos tienen involucreo campanulado, de 3-4 mm de longitud, y en su interior contienen 20-30 flores bisexuadas, aunque masculinas por atrofia del ovario (Fig. 1.4f). Las flores poseen el cáliz modificado en cerdas. La corola tiene forma de tubo, con cinco lóbulos de 3-4 mm de largo. El androceo está compuesto por cinco estambres insertos en el tubo de la corola, cuyos filamentos son libres pero sus anteras se encuentran soldadas entre sí por sus bordes (Fig. 1.4g) (Müller, 2006; Instituto de Botánica Darwinion, 2015).

Los capítulos femeninos son levemente mayores a los masculinos y cada uno contiene 20-30 flores (Fig. 1.4c). La corola de las mismas es tubuloso-filiforme, con 3-5 mm de longitud y truncadas en el ápice. El gineceo es de ovario ínfero, bicarpelar, unilocular y uniovulado, con estilo bifido (Fig. 1.4d) (Müller, 2006; Instituto de Botánica Darwinion, 2015).

Los frutos son cipselas de 1,7-3,2 mm de largo, raramente pubérulas. Las cerdas del papus (cáliz modificado) son de 50 a 110, de 4-8 mm de longitud y persistentes (Fig. 1.4e). La dispersión de los frutos es anemócora (Lamberto *et al.*, 1997).

El número cromosómico de la especie es $2n=18$ (Turner *et al.*, 1979).

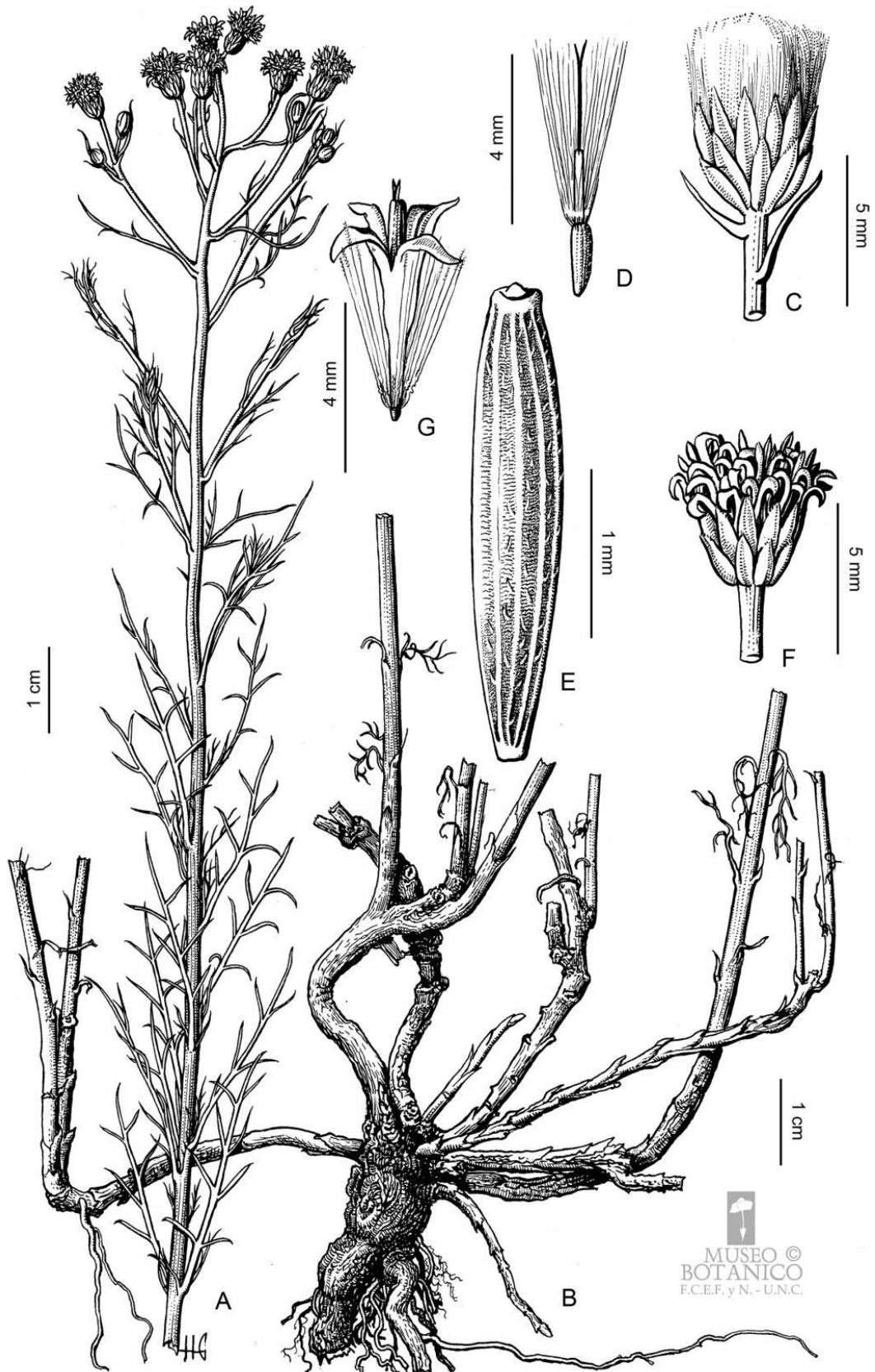


Figura 1.4. Partes de *Baccharis ulicina*. **A.-** Rama florífera, **B.-** Porción basal de la planta, **C.-** Capítulo femenino, **D.-** Flor femenina, **E.-** Cipsela, **F.-** Capítulo masculino, **G.-** Flor masculina. (Fuente: Iconoteca del Museo Botánico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba).

1.5 Justificación de la investigación

Ante la ocurrencia del severo déficit hídrico que tuvo lugar en el sudoeste bonaerense entre 2007 y 2009, y la consecuente gran dispersión de *B. ulicina*, quedó reflejada la notable falta de información acerca de la especie, aún en los aspectos más generales.

Si bien la especie ha sido ocasionalmente citada en la bibliografía, sobre todo en relevamientos florísticos o en menciones respecto al contenido de metabolitos secundarios, no existía un estudio que permitiera obtener información detallada acerca de diversos aspectos relacionados a la biología y ecología de la maleza *B. ulicina*, así como medidas de manejo efectivas.

En este sentido, el presente estudio es de fundamental importancia dada la evidente necesidad de contar con bases científicas que permitan comprender de manera integral, tanto los principales aspectos relacionados al crecimiento y reproducción de *B. ulicina*, así como el potencial efecto alelopático sobre especies del pastizal y los niveles de control que se pueden alcanzar con diferentes herramientas de manejo.

Para poder establecer fehacientemente la magnitud del problema que puede significar la gran dispersión de *B. ulicina*, es fundamental conocer su capacidad de crecimiento. Por este motivo, se registraron diversos aspectos relacionados a la acumulación de materia seca y otras variables relacionadas al crecimiento de los diversos órganos de la planta en dos ambientes con diferentes condiciones hídricas. Además, se evaluó la incidencia del tipo del suelo sobre el crecimiento de la especie.

Otro aspecto clave como objeto de estudio es la capacidad de reproducción que posee la especie. En este sentido, se cuantificó la producción de semillas (única vía de reproducción de *B. ulicina*) de acuerdo al tamaño de planta, así como la variabilidad de la misma durante el extenso ciclo reproductivo.

Además de la cantidad de semillas que puede producir una planta, es importante conocer como las condiciones ambientales afectan la germinación de esas semillas. Con

esta finalidad, se realizaron estudios que permitieron describir el comportamiento de la germinación de la especie en respuesta a diferentes factores ambientales.

De acuerdo a observaciones realizadas y a ciertos antecedentes de otras especies del género, es posible que *B. ulicina* cuente con potencial alelopático. Para dilucidar la existencia, y en tal caso la magnitud de dicho efecto, se evaluó la respuesta en la germinación y el establecimiento de diversas especies blanco a soluciones acuosas realizadas a partir de tejidos de *B. ulicina*.

Finalmente, en forma complementaria al conocimiento generado sobre los puntos anteriormente planteados, es importante contar con información acerca de las diferentes herramientas disponibles para lograr un adecuado manejo de la especie que permita disminuir la problemática. Por esta razón, se realizaron evaluaciones de control abarcando métodos mecánicos (corte), físicos (fuego) y químicos (herbicidas).

Capítulo II –

“Dinámica de variables de crecimiento de *Baccharis ulicina* en condiciones controladas y de campo”

2.1 Introducción

El crecimiento de una especie vegetal consiste en un aumento de volumen irreversible y permanente, acompañado de un incremento en la materia seca (Hunt, 1979; Radosevich y Holt, 1984; Gardner *et al.*, 1985). Este proceso genera el desarrollo de la morfogénesis y la diferenciación celular (Taiz y Zeiger, 2010). Desde el mismo momento en que se desencadena la germinación de la semilla, sus células se dividen y multiplican, para luego alargarse y de esa forma la planta aumenta en peso y tamaño (Hunt, 2003).

Si se grafica el crecimiento vegetal a través de un período de tiempo, en la mayoría de las plantas y órganos de las mismas, se obtiene una curva con forma típicamente sigmoidea (Richards, 1969). En esta curva se pueden distinguir diferentes fases (Fig. 2.1), cada una de las cuales corresponde a diferentes velocidades de crecimiento:

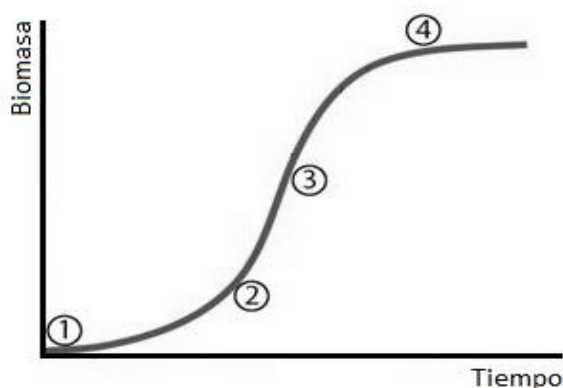


Figura 2.1. Curva sigmoidea de crecimiento, donde se distinguen sus diferentes fases: 1- Latencia, 2- Exponencial, 3- Lineal y 4- Senescencia.

1. Fase de latencia: Fase inicial durante la cual predomina la actividad bioquímica preparatoria, la velocidad de crecimiento es lenta debido a la existencia de un número bajo de células en división.

2. Fase exponencial: Durante esta fase predomina la división celular. El número de células con capacidad de crecimiento aumenta en forma exponencial, siguiendo una progresión geométrica.

3. Fase lineal: Se dan aumentos iguales de crecimiento en períodos iguales de tiempo. Ocasionalmente la fase lineal no se detecta por su escasa duración, en cuyo caso las fases exponencial y de senescencia son casi continuas.

4. Fase de Senescencia: En iguales períodos de tiempo el crecimiento es cada vez menor hasta que finalmente cesa totalmente.

Esta secuencia de fases corresponde al crecimiento anual de una especie, en el caso de las especies perennes este ciclo se repite cada año (Kozlowski, 1992).

El crecimiento tiene un importante componente genético pero también está influenciado por las condiciones ambientales (Borgignon y Picolo, 1982). Entre las condiciones ambientales de mayor influencia se encuentran la disponibilidad de agua, intensidad de luz, temperatura, fertilidad de suelo y salinidad (Brouwer, 1962). En general, cualquier condición limitante va a inducir un cambio en la distribución de los fotoasimilados, dando como resultado un incremento proporcional en favor de la parte de la planta que más se relaciona con el factor limitante del ambiente (Gedroc *et al.*, 1996). Así, por ejemplo, plantas con problemas de escasez de nutrientes desarrollarán más el sistema radical; mientras que, plantas con problemas de sombreado desarrollarán más la parte aérea (Hunt, 1988). De esta manera, para una misma especie, cabría esperar un modelo de partición de biomasa distinto en sitios de crecimiento diferentes (Bradshaw, 1965). A menudo estos patrones siguen trayectorias alométricas, es decir, que su comportamiento está dado en función del tamaño de la planta (Weiner, 2004).

En el crecimiento de las plantas, la clorofila cumple un rol clave ya que es el pigmento que permite la producción de la fotosíntesis (Arjenaki *et al.*, 2012). La luz es absorbida por los pigmentos fotosintéticos (básicamente clorofilas y carotenoides), y parte de la energía absorbida es transferida como energía de excitación para hacer trabajo químicamente útil (Moreno *et al.*, 2008). Es decir, se convierte la energía solar en energía química. Existen dos tipos de clorofilas (a y b) que se diferencian en su composición química, más precisamente en el sustituyente R en el ciclo II del anillo tetrapirrólico (Kouissa *et al.*, 2013). De este modo, la cuantificación de la clorofila permite obtener una estimación indirecta de la capacidad fotosintética de una planta, y por ende de su crecimiento (Wright *et al.*, 1994; Nageswara *et al.*, 2001).

En el continente americano existen cerca de 500 especies del género *Baccharis*, ocupando los más diversos ambientes, y de las que muy poco se conoce acerca de su crecimiento (Van Auken y Bush, 1990). Entre ellas se encuentra *B. ulicina*, especie que presenta una amplia tolerancia ecológica, la cual le permite sobrevivir en ambientes muy variables de climas subhúmedos a semiáridos de Argentina y Bolivia (Lamberto *et al.*, 1997; Giorgis *et al.*, 2011). Es usual que *B. ulicina* se establezca en suelos pobres y de bajo contenido relativo de agua, y muy frecuentemente en suelos arenosos. La especie se adapta a condiciones climáticas extremas, y fundamentalmente, posee una gran tolerancia al estrés hídrico. *B. ulicina* habita sectores de la Patagonia o del noroeste argentino donde las precipitaciones medias son inferiores a los 200 mm anuales. Existen registros de individuos de *B. ulicina* hasta los 3.000 msnm (Instituto de Botánica Darwinion, 2015). La gran amplitud de hábitats sobre los que se distribuye la especie, denota la necesidad de estudiar el crecimiento de *B. ulicina* en relación al ambiente en que se desarrolla.

En cuanto al análisis del crecimiento, las mediciones lineales (altura de planta, longitud de tallos, etc.) representan información muy útil en la investigación experimental (Hunt *et al.*, 2002). Este tipo de mediciones, además, brindan la ventaja de no ser destructivas (Erickson, 1976). Junto con otras mediciones como el número de ramificaciones o el número de hojas, permiten investigar los procesos involucrados en el desarrollo de la planta en su integridad (Causton y Venus, 1981). El estudio pormenorizado del crecimiento de una especie permite cuantificar diversos aspectos biológicos, tales como la distribución de recursos en las diferentes partes que componen la estructura vegetal (Azofeifa y Moreira, 2004). El análisis del patrón de distribución de los asimilados es la mejor herramienta disponible para investigar cuales son las prioridades de crecimiento que presenta un determinado grupo de plantas (Weiner, 2004). En el presente estudio se contemplan los dos primeros ciclos anuales debido a la importancia de los mismos en el proceso de ocupación de nuevas áreas.

2.1.1 Hipótesis

a. Las hojas, tallos y raíces de *B. ulicina* crecen en diferentes proporciones durante el transcurso del ciclo de crecimiento anual.

Sustento de la hipótesis

Las plantas tienen una notable capacidad para coordinar el crecimiento de sus órganos (Poorter y Nagel, 2000). El crecimiento de los mismos depende de la disponibilidad de recursos, y las correlaciones entre las diferentes estructuras de crecimiento parecen, al menos en parte, función de la competencia por esos recursos (Brouwer, 1962; Harper y Odgen, 1970). Generalmente, en tamaños de planta pequeños, la asignación de asimilados a las raíces es mayor, aunque luego estos son destinados en mayor medida hacia las hojas, y eventualmente hacia los tallos (Müller *et al.*, 2000).

b. La distribución de recursos asignados a hojas, tallos y raíces de *B. ulicina* es diferente entre plantas que crecen simultáneamente en distintos ambientes.

Sustento de la hipótesis

La asignación de biomasa a los diferentes órganos depende de la especie, la ontogenia y el ambiente en el que se desarrolla la planta (Poorter y Nagel, 2000). Es sabido que la asignación de asimilados a las raíces aumenta cuando la disponibilidad de agua o nutrientes es baja; mientras que, su distribución hacia la parte aérea aumenta ante la falta de luz (Brenchley, 1916; Shirley, 1929). Por consiguiente, un cambio en la disponibilidad de recursos puede cambiar las tasas de crecimiento de los diferentes órganos; es bien conocido que la relación parte aérea:raíz es un sensible indicador de tales cambios (Leonard, 1962; Monk, 1966; Bloom *et al.*, 1985).

Van Auken y Bush (1990) indicaron un crecimiento diferencial de la parte aérea de *Baccharis neglacta* en relación a la luz incidente en experimentos realizados en condiciones controladas.

c. *B. ulicina* presenta crecimiento diferencial en distintos suelos de la zona de estudio bajo condiciones controladas.

Sustento de la hipótesis

La presencia de limitaciones edáficas y la disponibilidad heterogénea de los recursos del suelo hacen que la exploración y la colonización del mismo sea una función principal en el crecimiento de la planta (Lynch, 1995). Entre las condiciones edáficas, la textura del suelo es una de las características de mayor incidencia en el crecimiento vegetal (Daddow y Warrington, 1983). Suelos con mayores contenidos de arena presentan menor resistencia a la penetración por parte de las raíces, favoreciendo su crecimiento (Aubertin y Kardos, 1965).

Existen registros de crecimientos diferenciales del sistema radical de *B. trímera* en relación a diferentes condiciones edáficas (Silva *et al.*, 2007).

Previsiones

a. Las raíces presentarán un mayor crecimiento inicial y la parte aérea tendrá un mayor crecimiento en la primavera, cuando el aumento de la temperatura se ve acompañado por una mayor ocurrencia de precipitaciones, hasta el inicio del período reproductivo.

b. Las plantas de *B. ulicina* destinarán una mayor proporción de sus asimilados hacia el órgano de la planta más relacionado a la principal limitante ambiental, siendo por ello más probable una mayor inversión de recursos en la producción de raíces en el ambiente con mayores deficiencias hídricas.

c. Ante iguales condiciones ambientales, plantas de *B. ulicina* crecidas en suelo de la localidad de Patagones desarrollarán un mayor crecimiento de sus raíces en relación a las plantas crecidas en suelos pertenecientes a otros sitios de la zona de estudio.

2.1.2 Objetivos

Objetivo general

Determinar la dinámica de la distribución de materia seca de los distintos órganos de *B. ulicina* y variables morfoanatómicas relacionadas durante los dos primeros años de vida, a fin de interpretar la capacidad adaptativa de la especie al ambiente en que se desarrolla, conjuntamente con la evaluación de la influencia del suelo.

Objetivos específicos

- Cuantificar el crecimiento de las diferentes partes que componen la planta de *B. ulicina* durante los dos primeros ciclos anuales de crecimiento.
- Estudiar la distribución de los recursos asignados a cada una de ellas en relación a las condiciones ambientales.
- Evaluar la influencia del tipo de suelo sobre diversos aspectos relacionados al crecimiento.

2.2 Materiales y Métodos

2.2.1 Crecimiento de *B. ulicina* en condiciones de campo

Establecimiento del ensayo

El estudio fue llevado a cabo simultáneamente en las instalaciones de la Chacra Experimental del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires en Carmen de Patagones (40°39'49,77"S; 62°53'4,66"O) y en el predio de CERZOS - CCT CONICET de Bahía Blanca (38°39'52,29"S; 62°13'55,53"O). Información sobre los suelos y condiciones climáticas correspondientes pueden observarse en los apéndices 1.1, 1.2, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.2.2, 2.2.3 y 2.2.4. En parcelas establecidas en cada sitio fueron realizados 200 hoyos con la ayuda de un motocultivador y finalizados con una pala, formando una cuadrícula de 1,5 m de distancia entre líneas y entre plantas (Fig. 2.2a). De esta forma, la densidad alcanzada fue de 44 plantas. 100 m², equivalente al valor registrado en la zona de estudio al finalizar la sucesión de años de sequía. En cada hoyo se colocó una bolsa de polietileno de 60 cm de alto por 30 cm de diámetro rellenas hasta el borde superior con el mismo suelo que anteriormente estaba en el hoyo, conservando el orden de los diferentes horizontes del suelo (Fig. 2.2b). Las bolsas se enterraron de manera que coincidiera la superficie superior de la misma con la superficie del terreno (Fig. 2.2c). Para evitar el posible anegamiento de las bolsas, se realizaron microperforaciones en la base. El grosor del polietileno con el que están confeccionadas las bolsas fue suficiente para que las raíces no pudieran perforarlo.

A mediados enero de 2013, en coincidencia con el ciclo natural de la especie, se dispusieron semillas de *B. ulicina* a germinar bajo condiciones de invernáculo (T: 25±5,1°C, HR: 20±9,7%) en vasos plásticos de 150 cm³ rellenos con suelo franco-arenoso (64% arena, 15% limo y 21% arcilla) característico de la región, previo tamizado. Tras haber asegurado el establecimiento de las plantas, luego de 30 días, fueron trasplantadas a cada una de las bolsas. Durante el mes posterior al trasplante se suministraron riegos complementarios en ambas localidades de manera de asegurar su supervivencia de las plantas. A partir de ese

momento las plantas permanecieron siempre en condiciones de secano en ambas localidades.

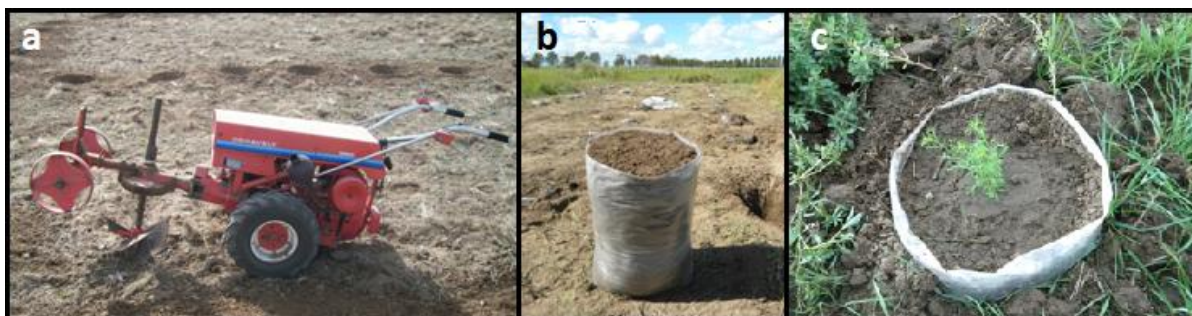


Figura 2.2. a- Motocultivador con el que se realizaron los hoyos en el suelo, b- Bolsa de polietileno rellena de suelo, y c- Bolsa colocada en coincidencia con la superficie del suelo, con una planta de *B. ulicina*.

Muestreos

Los muestreos fueron realizados una vez por mes durante el primer año, en la mitad de cada mes: febrero de 2013, marzo de 2013, abril de 2013, mayo de 2013, junio de 2013, julio de 2013, agosto de 2013, septiembre de 2013, octubre de 2013, noviembre de 2013, diciembre de 2013, enero de 2014 y febrero de 2014). En cambio, durante el segundo año los muestreos se realizaron bimestralmente, a mitad de los siguientes meses: abril de 2014, junio de 2014, agosto de 2014, octubre de 2014, diciembre de 2014 y febrero de 2015. En cada muestreo, fueron recolectadas siete bolsas por localidad escogidas de manera completamente aleatoria. Una vez extraídas las bolsas fueron trasladadas al Laboratorio de Ecofisiología de Malezas de CERZOS. Allí se extrajo la parte aérea entera de cada planta y se registró la altura de la planta, la cantidad de ramificaciones, la sumatoria de las longitudes de todas las ramificaciones de una planta (a partir de aquí “longitud total de ramificaciones”) y el número de hojas.

Posteriormente, la parte aérea fue separada en tallos y hojas, y se obtuvieron imágenes de la totalidad de las hojas de cada planta a través de un escáner HP Deskjet 3.050 para poder estimar el área foliar a través del software Image J (Abràmoff *et al.*, 2004). Las raíces fueron separadas manualmente del suelo con la ayuda de tamices con una malla con orificios de 0,5 x 0,5 cm y posteriormente fueron lavadas cuidadosamente. A continuación, todas las partes de la planta fueron colocadas en sobres de papel madera

correctamente identificados en estufa a 60°C durante 96 h. Finalmente, se registró la materia seca (MS) a través del uso de una balanza analítica.

En cada fecha de muestreo, se determinó la cantidad de clorofila de las plantas a partir de muestras de tejido fresco, como una medida de la capacidad de su potencial fotosintético. Fueron tomadas muestras de 0,3 g de tejido vegetal fresco de siete plantas en cada sitio y fecha de muestreo y se analizaron siguiendo el protocolo de Wintermans y De Mots (1965). Cada muestra fue cortada con tijera en fracciones tan finas como fuera posible, se colocaron en un mortero de porcelana con 3 ml de etanol 96% y se maceraron por un minuto. Posteriormente, se utilizaron 2 ml adicionales del mismo solvente para desplazar los restos vegetales del pilón de manera que tanto el alcohol como los restos vegetales quedaran dentro del mortero. El contenido del mortero se vertió en un tubo de ensayo, y luego se adicionó nuevamente etanol 96% en la cantidad necesaria para llevar el volumen de la solución a 10 ml sobre el mortero para que se mezclara con los restos de tejido que aún permanecían allí y se añadieron al tubo de ensayo junto con los 5 ml utilizados anteriormente. Los tubos fueron agitados durante unos segundos, luego se sellaban con papel film para evitar la evaporación del alcohol y se dejaban en condiciones de oscuridad por 12h. Transcurrido ese tiempo, el contenido de los tubos fue filtrado con papel Whatman N°1 y colocado en celdas plásticas descartables para luego medir la absorbancia en las longitudes de onda de 649, 665 y 750 nm en un espectrómetro Shimatzu UV 21.000. Se utilizó como blanco de referencia una celda conteniendo únicamente etanol 96%. Dado que el espectro de absorbancia de la clorofila a y la clorofila b se solapan, es necesario medir el máximo de absorbancia de cada una y corregirlo con el dato de la otra. La clorofila a se detecta con la longitud de onda de 665 nm; mientras que, para la clorofila b se utiliza la medición de 649 nm. Como en las soluciones pueden hallarse presentes impurezas que sobreestimen las mediciones se utilizó la absorbancia de 750 nm para realizar la corrección característica por la turbidez de la muestra (Wintermans y De Mots, 1965).

Tratamiento de la información

Los datos correspondientes a “MS de la parte aérea” (MS de hojas + MS de tallos), “MS de raíces”, “MS total”, así como “altura”, “ramificaciones”, “longitud total de ramificaciones”, “número de hojas y “área foliar”, fueron transformados utilizando la función $y' = \text{Ln}(y)$ (y : datos originales; y' : datos transformados). La transformación de datos es habitual en el análisis crecimiento, ya que a medida que un organismo crece, no sólo aumentan las medias de las variables, sino también la varianza. De esta forma, se consigue homogeneizar las varianzas para poder realizar los análisis de regresión y/o varianza correspondientes (Snedecor y Cochran, 1956; Hughes y Freeman, 1967). Las figuras de “MS total” y “altura” fueron realizados con los datos originales; mientras que, sus respectivas regresiones fueron retransformadas (utilizando la función $y = e^{f(x)}$) de manera de expresar los resultados en sus unidades originales y de esta forma facilitar su interpretación.

A la variable “MS total” se le ajustaron regresiones de Richards; mientras que, para “altura” se utilizaron regresiones racionales. Ambos tipos de regresiones son de uso habitual en el análisis de crecimiento (Milne, 1949; Hunt y Parson, 1977). Estas curvas fueron las de mejor ajuste en cada caso, a excepción de ciertas regresiones polinomiales que fueron descartadas ya que se consideran matemáticamente inapropiadas por carecer de una relación de significado biológico (Richards, 1969).

Los datos de las variables “MS de parte aérea” y “MS de raíces” fueron sometidos a ANOVA, y posteriormente se diferenciaron las medias a través del test de Tukey ($p < 0,05$). Se analizaron en forma conjunta los datos correspondientes a los dos años de muestreo, aunque se exponen en gráficos separados por cuestiones de escala.

Los datos correspondientes a las variables “ramificaciones”, “longitud total de ramificaciones”, “número de hojas y “área foliar” de los dos años de duración del estudio fueron analizados por medio de sendos ANOVAs. Posteriormente, las medias se diferenciaron por medio del test de Tukey ($p < 0,05$).

Con las absorbancias registradas para las longitudes de onda de 649, 665 y 750 nm en cada fecha de muestreo, se estimó el contenido de clorofila a y b por medio de las siguientes fórmulas:

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g/ml}) = 13,70(A665-A750)-5,76(A649-A750)$$

$$\text{Clorofila b } (\mu\text{g/ml}) = 25,80(A649-A750)-7,60(A665-A750)$$

Los registros del contenido total de clorofila (clorofila a + clorofila b) obtenidos durante los dos años de muestreo fueron sometidos a ANOVA y luego las medias se diferenciaron por un test de Tukey ($p < 0,05$).

Con los datos de MS de hojas, tallos, raíces y los de la planta completa (sumatoria de los tres anteriores, a partir de aquí "MS total") obtenidos en cada fecha de muestreo se calcularon las siguientes tasas de crecimiento:

- *Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA)*: Es la variación de MS por unidad de tiempo (Erickson, 1976).

$$TCA = \frac{dW}{dT}$$

De esta forma se obtiene la MS (mg) que incorporó una planta por día durante el período transcurrido entre dos cosechas sucesivas. La TCA media para un período de tiempo $T_2 - T_1$ se obtiene de la siguiente manera:

$$TCA = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \quad [\text{mg de la variable por día} = \text{mg d}^{-1}]$$

donde W representa la MS de la variable medida (mg), de las muestras tomadas en los días T_2 y T_1 .

- *Tasa de crecimiento relativo (TCR)*: Esta tasa relaciona el concepto anterior de crecimiento de una variable con el valor que poseía dicha variable al comienzo de ese período considerado. De esta forma, es posible comparar el crecimiento de plantas diferentes y determinar el esfuerzo realizado por las mismas en relación a su estado inicial (Briggs *et al.*, 1920).

$$TCR = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dT}$$

Considerando un período de tiempo $T_2 - T_1$, es posible obtener la TCR media de la siguiente manera:

$$TCR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1} \quad [\text{mg de crecimiento de la variable por mg inicial de la misma por día} = \text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}]$$

Las tasas reflejan la información relativa al crecimiento que sucede entre dos muestreos. En el presente estudio los muestreos fueron realizados en la mitad del mes, por lo que por ejemplo, las tasas del período febrero de 2014-abril de 2014 representan al crecimiento entre la mitad de febrero y la mitad de abril de 2014.

A través del cociente entre los datos correspondientes a las variables “MS de hojas”, “MS de tallos” y “MS de raíces” respecto a los datos respectivos de “MS total” se calcularon las fracciones de hoja, tallo y raíces, respectivamente. La suma de las tres fracciones de una planta es igual a uno.

Con el objetivo de establecer si existieron diferencias en el crecimiento de las plantas de *B. ulicina* localizadas en ambos sitios de estudio, se efectuaron análisis de varianza de las TCA y TCR (de hojas, tallos, raíces y planta completa) y las fracciones para cada ciclo de crecimiento, utilizando la localidad como variable de clasificación (tabla 2.5). Las fracciones fueron previamente transformadas con la función logaritmo natural (Poorter y Nagel, 2000).

Se realizaron regresiones lineales para cada localidad, con motivo de relacionar las variables “MS de la parte aérea” respecto a “MS de raíces”. Finalmente, se ajustaron regresiones entre las fracciones de hoja, tallo y raíz respecto a la MS total para cada localidad con motivo de establecer si existieron diferencias en la distribución de asimilados para cada una de las fracciones entre ambos sitios de estudio. Tanto las fracciones como la MS total fueron previamente transformadas logarítmicamente. En el caso de la fracción de tallos, la regresión utilizada fue del tipo racional; mientras que, la utilizada para la fracción raíz fue del tipo polinómica de tercer grado. Para las regresiones realizadas con la finalidad

de comparar variables entre localidades, sólo se utilizó el rango de datos común entre ambos sitios.

Cálculo de grados días

Se calcularon los grados día (GD) de crecimiento para cada fecha de muestreo. Este índice es uno de los más utilizados para describir el acontecimiento de procesos biológicos en relación a la temperatura (Klepper *et al.*, 1984; Russelle *et al.*, 1984; McMaster, 1993). Su cálculo fue realizado a partir de la siguiente fórmula:

$$GD = \left[\frac{(T_{MAX} + T_{MIN})}{2} \right] - T_{BASE}$$

donde T_{MAX} es la temperatura máxima diaria, T_{MIN} es la temperatura mínima diaria, y T_{BASE} es la temperatura a la cual el proceso de crecimiento no progresa. Dado que no existe información previa sobre este último parámetro en *B. ulicina*, se utilizó la temperatura base obtenida a partir de los estudios de germinación (9,83°C) (Capítulo IV). Si bien su utilización puede presentar limitaciones por tratarse de una etapa fenológica diferente, su valor es al menos válido a modo de referencia. Se utilizó como criterio que cuando $[(T_{MAX} + T_{MIN})/2] < T_{BASE}$, entonces $[(T_{MAX} + T_{MIN})/2] = T_{BASE}$.

2.2.2 Crecimiento de *B. ulicina* en diferentes suelos bajo condiciones de invernáculo

Para poder cuantificar la influencia del suelo sobre el crecimiento de *B. ulicina*, se seleccionaron muestras representativas del mismo correspondiente a la zona de mayor dispersión, Carmen de Patagones (40°39'49,82"S; 62°53'5,08"O), y de las localidades de Hilario Ascasubi (39°21'17,59"S; 62°27'37,67"O) y Villa Ventana (38°05'0,08"S; 61°55'47,73"O). De esta forma se pretende abarcar la diversidad de suelos presentes en la zona de estudio. Los sitios forman aproximadamente una línea recta, separando los puntos de muestreo cada 150 km aproximadamente (Fig. 2.3). Las características más importantes de los suelos utilizados en el presente ensayo se pueden observar en los apéndices 1.2, 1.5 y 1.6.



Figura 2.3. Lugares donde fueron tomados los suelos utilizados en la evaluación del crecimiento de *B. ulicina* bajo diferentes suelos de la zona de estudio.

Con cada suelo se completaron siete macetas de 13,27 l y se colocaron superficialmente semillas de *B. ulicina* a germinar en condiciones de invernáculo (20,7±6,3 °C, 30±16 %HR.) en enero de 2013, coincidiendo con el ciclo natural de la especie. Una vez asegurado el establecimiento de las mismas fueron raleadas de manera de dejar un individuo por maceta (Fig. 2.4- a, b y c). El riego fue suministrado periódicamente de manera que el agua no fuera un factor limitante. La ubicación de las macetas fue sistemáticamente modificada al azar para minimizar diferencias en la recepción de luz. Las mediciones se realizaron desde el mes de marzo hasta diciembre, cuando la totalidad de las plantas alcanzaron el estado reproductivo.



Figura 2.4. Plántulas de *B. ulicina* creciendo en distintos suelos de la zona de estudio: a- C. de Patagones, b- H. Ascasubi, y c- Villa Ventana.

Mensualmente fueron evaluados los siguientes parámetros: diámetro de planta, altura de planta, número de hojas, número de ramificaciones, longitud total de ramificaciones, cobertura y número de capítulos. El diámetro de planta registrado fue el promedio de tres mediciones, y se evaluó sólo durante los primeros seis meses, ya que pasado ese período las plantas comenzaron a elongar sus tallos, careciendo de sentido continuar esta medida. La cobertura, definida como el área que resulta de la proyección que realiza la planta sobre el suelo, fue estimada a través de imágenes digitales obtenidas con una cámara fotográfica unida a un pie que permitía unificar la distancia hasta la planta objetivo. Entre las plantas y el suelo se colocaba un paño blanco para favorecer el contraste, y se incluía una regla en la fotografía para facilitar el cálculo posterior del área. Por su parte, el número de capítulos se registró desde la aparición de los primeros (mes siete) hasta la culminación del estudio (mes diez). Al final del ensayo, se cosecharon las plantas y se separaron en hojas, tallos y raíces. Se tomaron imágenes digitales de todas las hojas de cada planta colocadas sobre un fondo blanco, y de esta manera se calculó el área foliar final de cada planta. Tanto esta medición, como el cálculo mensual de la cobertura se realizaron utilizando el software Image J (Abràmoff *et al.*, 2004). Los distintos constituyentes de las plantas fueron colocados en estufa a 60°C durante 96 h para determinar la MS.

Los datos obtenidos en cada fecha de muestreo y los datos registrados al finalizar el estudio (MS de hojas, tallos, raíces y total, relación MS raíz/MS total, MS raíces/MS tallos y área foliar) fueron sometidos a ANOVA, utilizando como variable de clasificación el tipo de suelo (localidad) en un diseño completamente aleatorizado. Luego las medias se separaron por el test de Fisher ($p < 0,05$) utilizando el programa INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

2.3 Resultados y discusión

2.3.1 Crecimiento de *B. ulicina* en condiciones de campo

En todos los parámetros evaluados durante los dos años de duración del estudio, las plantas que crecieron en la localidad de Bahía Blanca demostraron un mayor crecimiento con respecto a aquellas que crecieron en la localidad de Patagones. Esta diferencia obedece a razones principalmente meteorológicas, y puntualmente en las precipitaciones y temperaturas mínimas es donde se observan las mayores diferencias (ver apéndices 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.2.2, 2.2.3 y 2.2.4). En la Tabla 2.1 puede observarse un resumen de dichas variables meteorológicas, donde se evidencia, la mayor rigurosidad climática de la localidad de Patagones.

Tabla 2.1. Precipitaciones anuales y ocurrencia de temperaturas mínimas diarias menores a 0 °C durante los dos ciclos anuales de crecimiento estudiados (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

| Localidad | Primer ciclo anual | | Segundo ciclo anual | |
|--------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| | Precipitaciones (mm) | Días con T mínima <0 °C | Precipitaciones (mm) | Días con T mínima <0 °C |
| Bahía Blanca | 572 | 22 | 1152 | 11 |
| Patagones | 279 | 52 | 613 | 33 |

Los grados días acumulados en ambas localidades durante los dos ciclos anuales estudiados pueden observarse en la Tabla 2.2. A partir de los mismos fue posible determinar los grados días acumulados en cada localidad hasta alcanzar el estado reproductivo. En el caso del primer ciclo se consideró el período comprendido a partir del mes en que la MS de la parte aérea demostró crecimiento significativo, 7 meses después del trasplante (MDT) en Bahía Blanca y 6 MDT en Patagones. Para el segundo ciclo se consideró a partir de que las plantas de *B. ulicina* dejaron de producir las semillas del primer ciclo. Considerando que el inicio del período reproductivo en ambos años fue en la primera semana de enero en Bahía Blanca y aproximadamente una semana después en Patagones, se determinó en todos los casos una acumulación necesaria comprendida entre 1010 y 1090 grados días.

Tabla 2.2. Grados días acumulados entre muestreos para los dos ciclos anuales de crecimiento estudiados (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

| Primer ciclo de crecimiento | | | | Segundo ciclo de crecimiento | | | |
|-----------------------------|------|--------------|-----------|------------------------------|------|--------------|-----------|
| Mes | MDT* | Grados Día | | Mes | MDT* | Grados Día | |
| | | Bahía Blanca | Patagones | | | Bahía Blanca | Patagones |
| marzo 2013 | 1 | 258 | 256 | marzo 2014 | | 287 | 256 |
| abril 2013 | 2 | 223 | 227 | abril 2014 | 14 | 229 | 183 |
| mayo 2013 | 3 | 220 | 216 | mayo 2014 | | 108 | 46 |
| junio 2013 | 4 | 69 | 48 | junio 2014 | 16 | 35 | 24 |
| julio 2013 | 5 | 25 | 17 | julio 2014 | | 27 | 24 |
| agosto 2013 | 6 | 23 | 17 | agosto 2014 | 18 | 43 | 29 |
| septiembre 2013 | 7 | 97 | 84 | septiembre 2014 | | 99 | 58 |
| octubre 2013 | 8 | 104 | 106 | octubre 2014 | 20 | 110 | 92 |
| noviembre 2013 | 9 | 245 | 254 | noviembre 2014 | | 227 | 212 |
| diciembre 2013 | 10 | 348 | 335 | diciembre 2014 | 22 | 312 | 300 |
| enero 2014 | 11 | 471 | 447 | enero 2015 | | 374 | 348 |
| febrero 2014 | 12 | 439 | 359 | febrero 2015 | 24 | 393 | 397 |

*MDT = Meses después del trasplante

Materia seca total

En ambas localidades las mediciones de MS total (MS de hojas, tallos y raíces en forma conjunta) de *B. ulicina* prácticamente no registraron aumentos en los primeros seis MDT (Fig. 2.5). Luego demostraron un importante crecimiento hasta completar el primer ciclo anual en el que la MS total acumulada de las plantas que crecieron en Bahía Blanca fue de 6,68 g; mientras que, en aquellas que lo hicieron en Patagones fue de sólo 3,70 g. Dicha desigualdad se explica mayormente gracias a la diferencia de precipitaciones observada durante el segundo semestre del primer año de crecimiento. Mientras que, para este período en Bahía Blanca se acumularon 307 mm de lluvias, en Patagones sólo se registraron 104 mm. Posteriormente, en las plantas que crecieron en Bahía Blanca se observó una fase exponencial muy evidente que abarcó aproximadamente la primera mitad del segundo año de estudio, donde la MS total creció un 207%. Al final de los dos años de crecimiento, la MS total de las plantas crecidas en Bahía Blanca alcanzó una media de 24,45 g; mientras que, para aquellas desarrolladas en Patagones la MS total fue de 9,99 g.

Durante el segundo año de estudio, se registraron precipitaciones muy disimiles entre localidades, alcanzando una diferencia de 539 mm (Tabla 1).

Según las regresiones ajustadas, el valor correspondiente al 50% del crecimiento final fue alcanzado a los 13 meses y 26 días después del trasplante en Bahía Blanca, y a los 13 meses y 20 días en Patagones, demostrando una gran similitud entre localidades (Fig. 2.5).

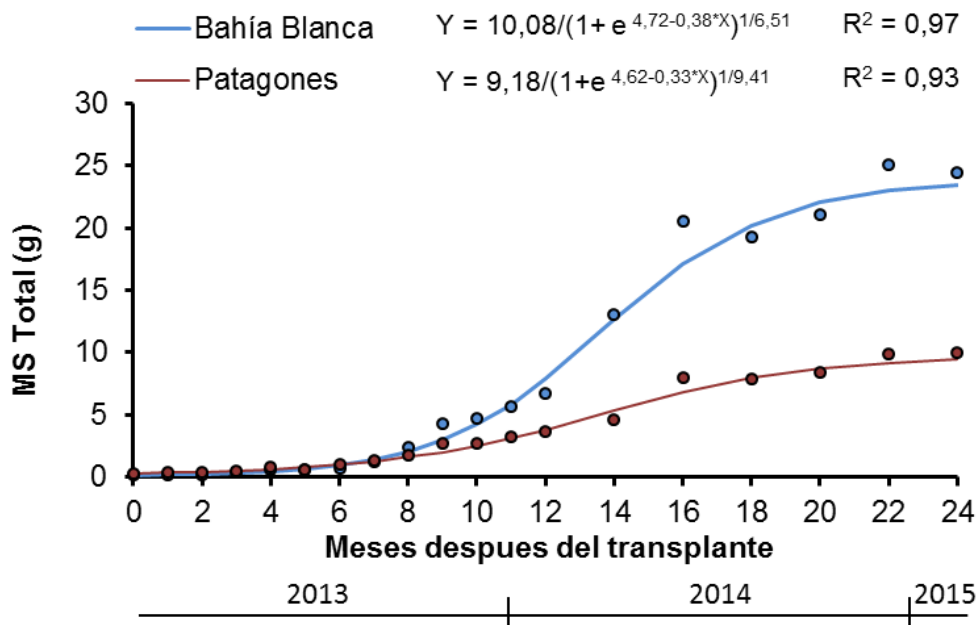


Figura 2.5. Materia seca total de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales consecutivos (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

Materia seca de hojas, tallos y raíces

El crecimiento de la parte aérea fue prácticamente nulo hasta los 6 MDT (0,07 g en Bahía Blanca y 0,21 g en Patagones). Luego se observó un incremento importante en los valores de MS al comenzar la primavera del primer ciclo anual (más acentuado en la localidad de Bahía Blanca), y un crecimiento paulatino durante el segundo año.

Al producirse el marcado aumento del crecimiento de la parte aérea en la primavera del primer ciclo anual, la MS de los tallos alcanzó cifras levemente mayores que la MS de las hojas (Fig. 2.6a y 2.7a). En Bahía Blanca, para los 9 MDT la MS de tallos fue 0,36 g superior a la MS de hojas; mientras que, en Patagones la diferencia fue de 0,13 g. A partir de este momento, con acumulaciones desde el trasplante de 1260 GD en Bahía Blanca y

1220 GD en Patagones, la desigualdad entre la MS de tallos y la MS de hojas se hizo paulatinamente mayor con el correr del ciclo. Entonces, se genera una gran brecha entre ambos componentes (hojas y tallos), ya que la MS de tallos continua incrementando notablemente; mientras que, la MS de hojas, por el contrario, disminuye. Este comportamiento se observó en los dos años de estudio en las dos localidades, alcanzando diferencias entre la MS de tallos y la MS de hojas de 1,54 y 11,99 g al final de cada ciclo en Bahía Blanca, y de 0,38 y 3,30 g en Patagones (Fig. 2.6a y c; Fig. 2.7a y c), respectivamente. Es sabido que el equilibrio de los recursos invertidos entre crecimiento y reproducción puede variar temporalmente (Agren, 1987; Krischik y Denno, 1990a; Elmqvist *et al.*, 1991; Cipollini y Whigham, 1994).

La MS de tallos deja de diferenciarse estadísticamente dentro de cada localidad a partir de los 14 MDT. Al finalizar el estudio, los valores de MS de hojas y tallos de las plantas crecidas en Bahía Blanca fueron 127 y 234% más elevados que los correspondientes a las plantas crecidas en la localidad de Patagones, respectivamente (Fig. 2.6c y 2.7c).

La MS de raíces evidenció crecimientos significativos de manera anticipada a la parte aérea. Se registraron diferencias a los 3 MDT en las plantas que crecieron en Bahía Blanca (700 GD acumulados) y a los 4 MDT en Patagones (740 GD acumulados), donde la MS de raíces era de 0,25 y 0,55 g, respectivamente (Fig. 2.6b y 2.7b).

En el sexto MDT en Bahía Blanca y en el quinto MDT en Patagones, parece darse un punto de inflexión a partir del cual el crecimiento comienza a ser mayor y se sostiene de manera estable hasta el final del ciclo anual. La MS de las raíces al final de cada ciclo fue de 2,21 y 8,33 g en Bahía Blanca y de 1,89 y 4,88 g en Patagones (Fig. 2.6b y d; 2.7b y d).

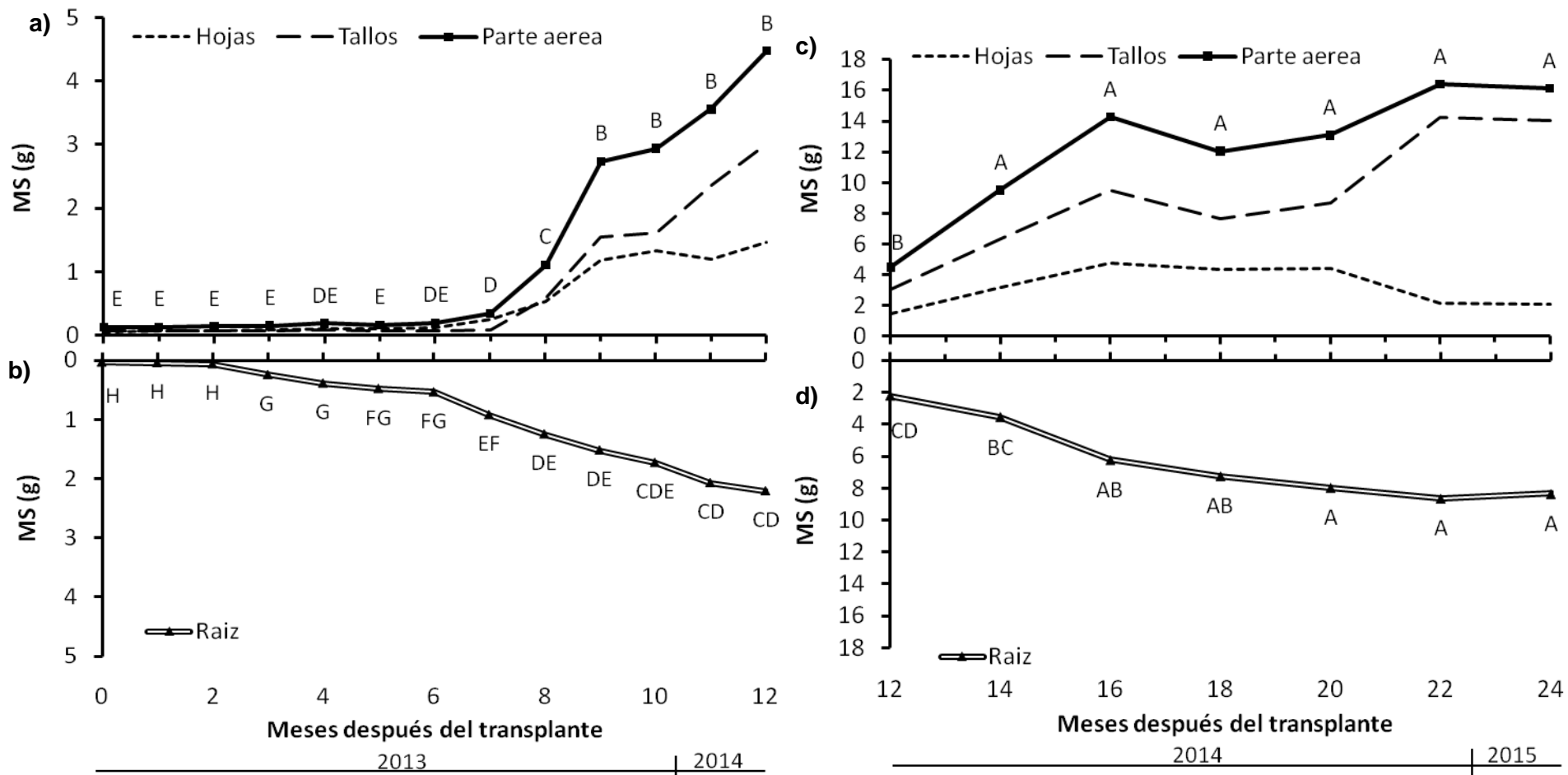


Figura 2.6 MS de la parte aérea, dividida en tallos y hojas, (a y c) y MS de la raíz (b y d) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 (a y b) y febrero 2014-febrero 2015 (c y d) en la localidad de Bahía Blanca. Datos acompañados con una misma letra dentro de un misma parte de la planta en cualquiera de los dos años, no difieren entre sí según el test de Tukey ($p < 0,05$).

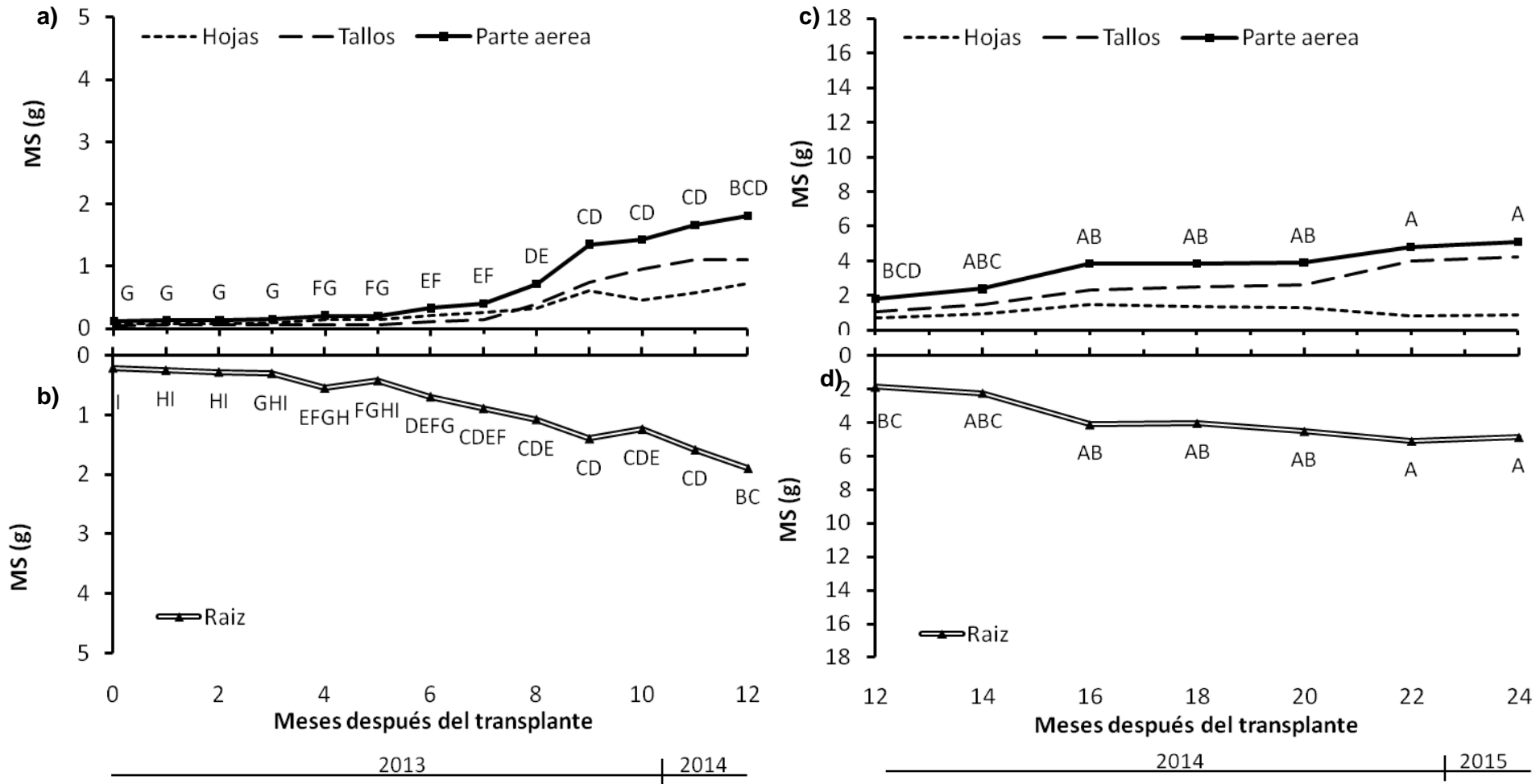


Figura 2.7. MS de la parte aérea, dividida en tallos y hojas, (**a** y **c**) y MS de la raíz (**b** y **d**) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 (**a** y **b**) y febrero 2014-febrero 2015 (**c** y **d**) en la localidad de Patagones. Datos acompañados con una misma letra dentro de una misma parte de la planta en cualquiera de los dos años, no difieren entre sí según el test de Tukey ($p < 0,05$).

Altura de plantas

Las regresiones realizadas con la variable altura tuvieron valores de ajuste inferiores con respecto a los de la variable MS total debido a la mayor erraticidad de los datos. En las plantas crecidas en Bahía Blanca se vio, al igual que lo manifestado para la MS total, una fase exponencial de aumento de la altura muy marcado, sobre todo en el segundo año (Fig. 2.8). En dicha localidad los valores medios alcanzados al final de cada año de crecimiento fueron de 26,0 y 68,1 cm; mientras que, en Patagones fueron de 15,4 y 37,0 cm (Fig. 2.8). Estos resultados son sensiblemente inferiores a los registrados en *Baccharis trimera* por Marques *et al.* (2015) y Castro *et al.* (1999) quienes reportaron una altura de 44,5 y 78,31 cm a los 85 y 65 días después del trasplante, respectivamente. También son inferiores a los hallados por Castro *et al.* (2002) para *Baccharis myriocephala* (40 cm de altura a los 117 días).

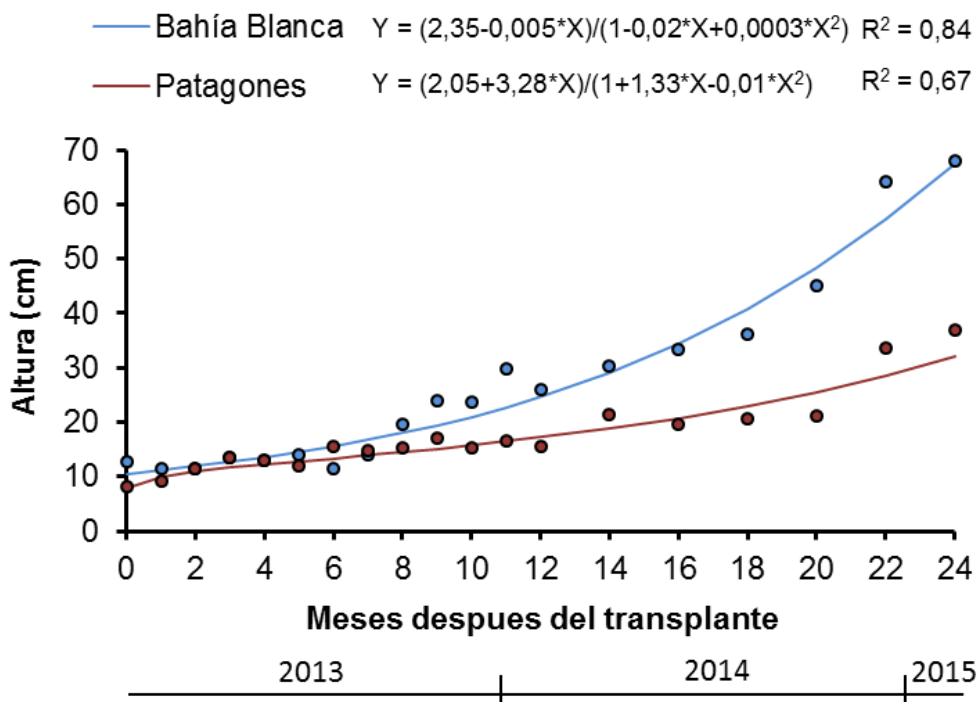


Figura 2.8. Altura de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales consecutivos (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en la localidad de Bahía Blanca y Patagones.

Número y longitud total de ramificaciones

El número de ramificaciones y la longitud total de las ramificaciones no tuvieron un crecimiento significativo hasta el comienzo de la primavera del primer año, donde los tallos

comenzaron a elongarse y lógicamente la longitud total de las ramificaciones alcanzó valores proporcionalmente mayores. Al finalizar el invierno, en el séptimo MDT, la longitud total de ramificaciones fue de 29,3 cm y 37,4 cm para las plantas crecidas en Bahía Blanca y Patagones, respectivamente. Mientras que tan solo dos meses después, estos valores aumentaron a 400,1 y 208,4 cm; para las mismas localidades, respectivamente (Tabla 2.3). En coincidencia, Krischik y Denno (1990a) reportaron importantes crecimientos de los tallos de *B. halimifolia* tras finalizar el invierno en Maryland (USA).

Posteriormente, transcurrió un período en que no se produjeron aumentos en el número de ramificaciones y la longitud total de las ramificaciones, hasta febrero de 2014 (Tabla 2.3). A partir de allí se observaron diferentes comportamientos entre localidades. Mientras que en Bahía Blanca se registró un incremento en el número de ramificaciones y la longitud total de las ramificaciones en los meses de febrero y abril de 2014 (asociado a la producción de semillas), en Patagones no se hallaron diferencias respecto a meses anteriores. Como se explicó anteriormente, esta diferencia se debió a las condiciones climatológicas. Es común que en plantas cuyos recursos son limitados, como en el caso de la población de Patagones, exista una compensación entre las actividades relacionadas al crecimiento vegetativo y al reproductivo (Herms y Mattson, 1992; Hemborg y Karlsson, 1999). Desde el MDT número 16 en adelante, no se registraron diferencias estadísticas en el número de ramificaciones y la longitud total de las ramificaciones en ninguna de las dos localidades (Tabla 2.3).

Número de hojas

El número de hojas experimenta un aumento significativo al inicio del invierno de 2013, dentro del período de mayo a junio, las plantas que crecieron en ambas localidades tuvieron longitudes totales de ramificación prácticamente iguales, pero triplicaron aproximadamente el número de hojas (Tabla 2.3). En coincidencia con lo registrado en la MS de hojas, el número de hojas disminuyó en diciembre previo al inicio del estado reproductivo, aunque no

llegó a diferenciarse estadísticamente (Tabla 2.3). Similarmente, Caño *et al.* (2014) encontraron reducciones en el crecimiento vegetativo de *B. halimifolia* durante la floración.

El número de hojas durante el segundo año no evidenció una tendencia clara, ya que a partir de los 14 MDT no se diferenciaron estadísticamente los valores para ninguna de las dos localidades. La dinámica de producción de hojas encontrada para *B. ulicina* resulta similar a la descrita por Krischik y Denno (1990a) para *B. halimifolia*. Según estos autores dicha especie produce mayor cantidad de hojas sobre el final del invierno.

Área foliar

El área foliar no experimentó mayores diferencias hasta la primavera del primer ciclo de estudio en ambas localidades. En el mes de diciembre de 2013 se registró una disminución significativa del área foliar en las plantas ubicadas en Patagones. Esto podría tratarse de una respuesta de *B. ulicina* a la falta de precipitaciones en ese mes, conjugado con las altas temperaturas (Tabla 2.3).

En el segundo ciclo anual se observaron los valores más elevados entre abril y octubre en Bahía Blanca; mientras que, en Patagones no se hallaron diferencias estadísticas en todo el ciclo. Los valores máximos fueron hallados en junio de 2014: 789,5 cm² en Bahía Blanca y 128,6 cm² en Patagones. La ocurrencia de estos valores máximos de área foliar en invierno guarda relación con los datos hallados para MS de hojas y número de hojas (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Registro de ramificaciones, longitud total de ramificaciones, número de hojas y área foliar de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales consecutivos (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

| Período | | Bahía Blanca* | | | | Patagones* | | | |
|-----------------|-----|---------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Fecha | MDT | Ramifica- ciones | Long. tot. ramif.** (cm) | Número de hojas | Area foliar (cm ²) | Ramifica- ciones | Long. tot. ramif.** (cm) | Número de hojas | Area foliar (cm ²) |
| febrero 2013 | 0 | 1,4 F | 11,1 G | 46 H | 6,8 A | 1,3 J | 14,3 HI | 37 I | 8,3 A |
| marzo 2013 | 1 | 1,3 F | 12,7 G | 57 H | 5,6 A | 1,9 IJ | 12,7 I | 54 I | 10,3 AB |
| abril 2013 | 2 | 1,0 F | 12,3 G | 48 H | 7,1 A | 2,1 IJ | 12,9 I | 75 GHI | 12,6 AB |
| mayo 2013 | 3 | 2,0 F | 17,6 FG | 61 H | 10,5 A | 4,0 HIJ | 16,1 GHI | 72 HI | 17,6 ABC |
| junio 2013 | 4 | 2,4 F | 13,4 G | 102 GH | 12,6 A | 8,0 FGH | 23,4 GHI | 217 FGH | 24,1 BCD |
| julio 2013 | 5 | 2,1 F | 16,0 FG | 173 FG | 14,9 A | 5,7 GHI | 19,2 GHI | 265 EFG | 20,1 ABCD |
| agosto 2013 | 6 | 9,9 E | 18,0 FG | 243 F | 15,3 A | 12,1 EFG | 32,9 GH | 318 DEF | 18,7 ABCD |
| septiembre 2013 | 7 | 14,3 DE | 29,3 F | 340 EF | 40,6 B | 15,9 DEF | 37,4 FG | 431 CDEF | 38,2 CDE |
| octubre 2013 | 8 | 21,6 DE | 220,7 E | 733 DE | 57,5 BC | 22,3 CDE | 89,6 EF | 428 CDEF | 47,1 CDEF |
| noviembre 2013 | 9 | 31,0 CD | 400,1 DE | 915 CDE | 129,4 CD | 26,6 CDE | 208,4 BCD | 535 CDEF | 71,5 EF |
| diciembre 2013 | 10 | 24,9 D | 319,1 DE | 1016 CD | 75,0 BC | 12,0 EFG | 98,1 DE | 351 DEF | 26,2 BCD |
| enero 2014 | 11 | 21,0 DE | 282,3 E | 1285 CD | 113,5 BCD | 22,0 CDE | 184,1 CDE | 552 BCDE | 51,9 DEF |
| febrero 2014 | 12 | 90,9 BC | 591,9 CD | 1766 BC | 123,9 CD | 24,4 CDE | 177,1 CDE | 1210 ABC | 51,1 DEF |
| abril 2014 | 14 | 200,4 AB | 1041,4 BC | 4642 A | 377,4 EF | 39,7 BCD | 276,9 ABC | 2774 A | 123,8 F |
| junio 2014 | 16 | 311,0 A | 1512,7 AB | 7659 A | 789,5 F | 95,0 AB | 254,6 ABC | 2257 A | 128,6 F |
| agosto 2014 | 18 | 222,6 AB | 1364,0 AB | 5924 A | 455,0 EF | 128,9 A | 351,8 ABC | 2352 A | 117,8 F |
| octubre 2014 | 20 | 289,4 A | 1345,9 AB | 5086 A | 517,2 EF | 91,9 AB | 452,1 AB | 1042 ABC | 73,5 EF |
| diciembre 2014 | 22 | 187,9 AB | 2138,6 AB | 3473 AB | 161,2 CD | 66,7 ABC | 386,4 ABC | 902 ABCD | 81,8 EF |
| febrero 2015 | 24 | 265,4 A | 2619,3 A | 5208 A | 236,0 DE | 105,7 AB | 555,9 A | 1573 AB | 91,4 EF |

* Medias dentro de una columna seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según el test de Tukey ($p < 0,05$).

** Long. tot. ramif. = Longitud total de ramificaciones.

Contenido de Clorofila

La dinámica del contenido de clorofila fue muy similar entre localidades (Fig. 2.9a y b). En el primer año de estudio se observó que hasta el segundo MDT inclusive, los contenidos de clorofila fueron inferiores a 1 mg.g^{-1} de tejido fresco, a excepción del muestreo correspondiente al mes cero (trasplante) en Patagones. Posteriormente, se pudieron distinguir dos picos separados entre sí por una pequeña reducción: el primero de ellos durante el otoño (mayo y junio), y el segundo en la primavera (noviembre en Bahía Blanca y octubre en Patagones). El contenido medio de clorofila de ambos picos en Bahía Blanca fue de 1,79 y $1,54 \text{ mg.g}^{-1}$ de tejido fresco; mientras que, en Patagones fue de 1,69 y $1,30 \text{ mg.g}^{-1}$ de tejido fresco. Luego, en el décimo MDT, con la floración se evidenció una importante disminución (Fig. 2.9a y b).

Para el segundo año de crecimiento se observó una distribución similar del contenido de clorofila, donde el primer pico se dio a los 16 MDT (junio) en Bahía Blanca ($1,52 \text{ mg.g}^{-1}$ de tejido fresco) y a los 14 MDT (abril) en Patagones ($1,38 \text{ mg.g}^{-1}$ de tejido fresco); mientras que, el segundo pico no se distinguió claramente como en el primer año. Se registraron contenidos de clorofila muy bajos en enero de 2014 ($0,16 \text{ mg.g}^{-1}$ de tejido fresco para las plantas crecidas en Patagones), y en diciembre de 2014 ($0,62 \text{ mg.g}^{-1}$ de tejido fresco en Bahía Blanca y $0,44 \text{ mg.g}^{-1}$ de tejido fresco en Patagones), como consecuencia del estrés ambiental (Fig. 2.9a y b).

Los contenidos de clorofila hallados en ambas localidades guardaron relación con la distribución de las precipitaciones y de la producción de hojas de *B. ulicina*. En condiciones propicias de humedad las plantas sintetizan mayor cantidad de clorofila, y ante situaciones de estrés hídrico dicho compuesto sufre importantes degradaciones (Lessani y Mojtahedi, 2002). Arjenaki *et al.* (2012) hallaron un efecto significativo del estrés hídrico sobre el contenido de clorofila en *Triticum aestivum*. En este sentido, existen numerosas investigaciones que reportan daños en los pigmentos como resultado de la escasez de agua (Montagu y Woo, 1999; Nilsen y Orcutt, 1996). En dichas condiciones se producen formas

reactivas de oxígeno como O_2^- y H_2O_2 , que pueden conducir a la peroxidación de lípidos, y consecuentemente a la destrucción de la clorofila (Foyer *et al.*, 1994).

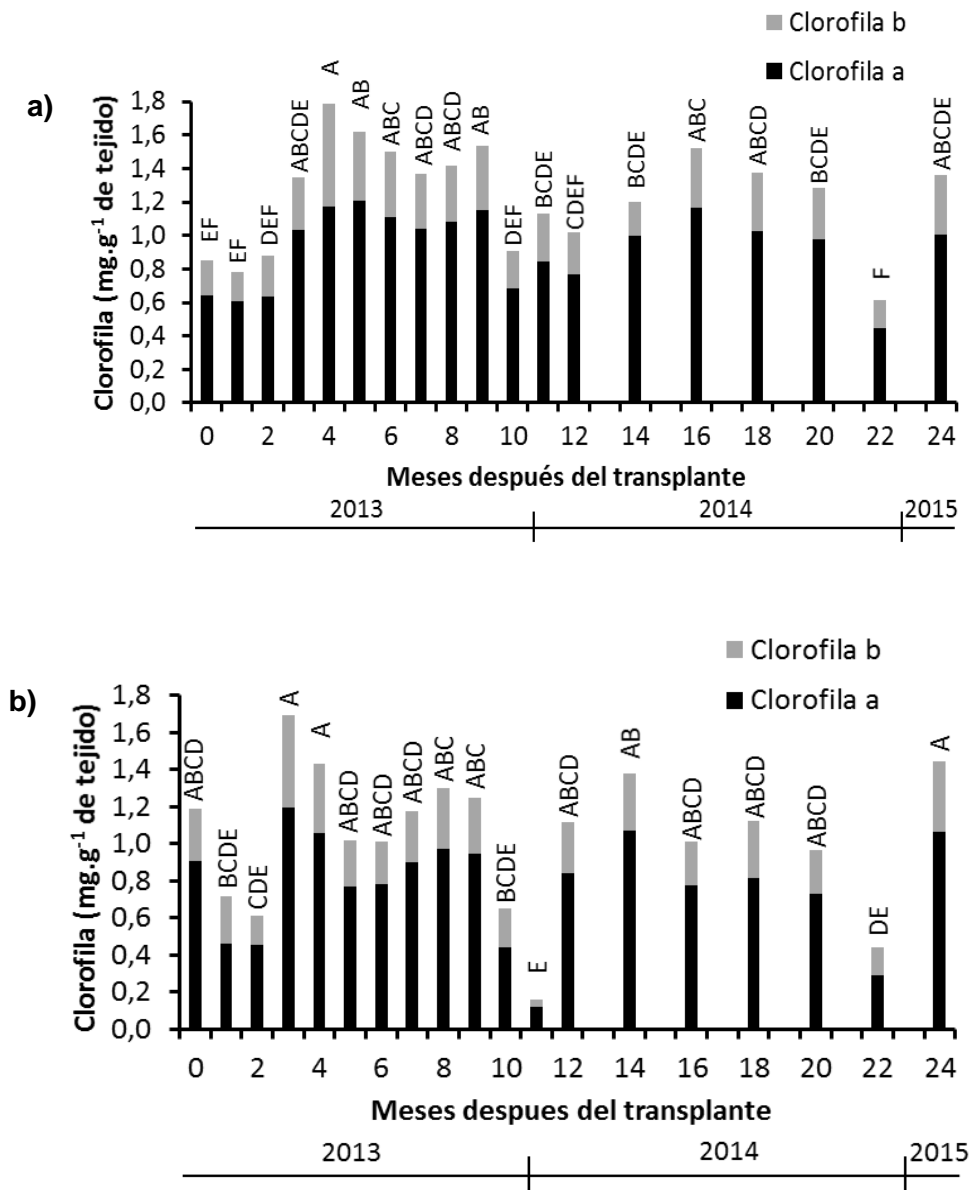


Figura 2.9. Contenido de clorofila total (dividido en clorofila a y b) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales consecutivos (febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015) en las localidades de Bahía Blanca (a) y Patagones (b). Contenidos de clorofila total con una misma letra no difieren entre sí según el test de Tukey ($p < 0,05$).

Tasas de Crecimiento Absoluto

Hojas y tallos

En el primer ciclo de crecimiento, las TCA de hojas y tallos fueron muy bajas durante los primeros seis meses en ambas localidades, sobrepasando sólo ocasionalmente el valor de 1 mg.día^{-1} . Posteriormente, en el período junio-julio se registraron tasas negativas o muy cercanas a 0 como consecuencia de las bajas temperaturas. En coincidencia con el inicio de la primavera, las TCA de hojas y tallos exhibieron incrementos exponenciales, alcanzando los valores máximos del primer año en el período octubre-noviembre en el caso de las hojas ($26,06 \text{ mg.día}^{-1}$) y tallos ($38,80 \text{ mg.día}^{-1}$) en Bahía Blanca, y tallos en Patagones ($13,78 \text{ mg.día}^{-1}$) (Tabla 2.4).

Se observaron TCA altas en los primeros dos bimestres del segundo ciclo anual. Para las plantas crecidas en Bahía Blanca se dieron los valores más altos del año en el período de febrero-abril ($47,12 \text{ mg.día}^{-1}$ en hojas y $92,57 \text{ mg.día}^{-1}$ en tallos) (Tabla 2.4). Dichas tasas se corresponden con la ocurrencia de 328 mm de precipitaciones durante ese período (ver apéndices 2.1.3 y 2.2.3). En el bimestre comprendido entre las mediciones de junio y agosto, las TCA de hojas y tallos en Bahía Blanca y de hojas en Patagones fueron negativas a causa de las bajas temperaturas. Al igual que lo observado en el primer año de crecimiento, en octubre-diciembre se vieron TCA fuertemente negativas para las hojas ($-36,54 \text{ mg.día}^{-1}$ en Bahía Blanca y $-7,25 \text{ mg.día}^{-1}$ en Patagones); mientras que, para los tallos las TCA fueron muy elevadas ($90,94 \text{ mg.día}^{-1}$ en Bahía Blanca y $22,36 \text{ mg.día}^{-1}$ en Patagones). En el último bimestre analizado las tasas fueron negativas tanto para hojas como para tallos en la localidad de Bahía Blanca (Tabla 2.4).

Los bajos valores de TCA documentados en los primeros seis meses, es coincidente con lo determinado por Marques *et al.* (2015), quienes registraron inclusive una tendencia decreciente en las tasas de crecimiento de *Baccharis trimera* luego del trasplante. Además, debe considerarse la disminución de la temperatura y la intensidad lumínica. Según Rêgo *et al.* (2002) estas son las condiciones ambientales que ejercen mayor influencia sobre las

tasas de crecimiento absoluto. Por el contrario, las TCA altas observadas en primavera, son similares a las registradas por Krischik y Denno (1990a) para esa estación en *B. halimifolia*, hasta la ocurrencia de la floración.

Raíces

Se determinaron incrementos de la TCA de raíz antes de la llegada del invierno, ya que las plantas almacenan recursos en dicho órgano para poder contar con reservas que le permitan soportar las condiciones climáticas desfavorables del invierno. En el caso de las plantas de Bahía Blanca, este aumento se vio reflejado en dos muestreos sucesivos: abril-mayo y mayo-junio, con 5,38 y 5,50 mg.día⁻¹, respectivamente. Por su parte, en Patagones se registró una TCA de 9,45 mg.día⁻¹ en el período mayo-junio (Tabla 2.4). Durante el período junio-julio, la mayor frecuencia de temperaturas por debajo de 0°C en Patagones (Tabla 2.1) contribuyó a que la TCA de las raíces tome valor negativo. Luego, entre fines de invierno y principios de primavera, las TCA de las raíces aumentaron en una magnitud entre 200 y 300% mayor a la de tallos y hojas juntas. Este crecimiento diferencial de las raíces seguiría la lógica que la planta pueda captar más agua y nutrientes que posteriormente tendrán como resultado un mayor crecimiento de la parte aérea.

En el período noviembre-diciembre, se registraron disminuciones en las TCA de raíces, tomando valor negativo en la localidad de Patagones (Tabla 2.4). Esto podría deberse a un cambio en destino de los asimilados hacia la producción de parte aérea.

En el segundo ciclo anual de crecimiento, al igual que para hojas y tallos, se observaron TCA de raíces altas en los períodos febrero-abril y abril-junio, siendo los valores más elevados del año (42,63 mg.día⁻¹ en Bahía Blanca y 29,78 mg.día⁻¹ en Patagones) (Tabla 2.4). En el período junio-agosto la TCA de las raíces en Patagones fue negativa. De igual modo, en el último bimestre se registraron TCA negativas en ambos sitios de estudio, posiblemente a causa de la desviación de los recursos por parte de la planta hacia la producción de semillas (Tabla 2.4).

Total

Durante el primer semestre de estudio la TCA total (suma de la raíz y la parte aérea de la planta), recibió mayor influencia de las raíces; mientras que, en la segunda mitad del primer ciclo anual se vio más afectada por la parte aérea. En ambas localidades los valores de mayor crecimiento se dieron en el período octubre-noviembre, alcanzando las cifras de 75,73 mg.día⁻¹ en Bahía Blanca, y 38,20 mg.día⁻¹ en Patagones. Estos elevados valores de TCA suponen una característica ecológica favorable, crecimientos altos resultan en una mayor ocupación del espacio y una gran ventaja competitiva con respecto a otras especies (Grime y Hunt, 1975). En las plantas que crecieron en la localidad de Patagones también se destacan dos valores negativos: -3,68 y -2,53 mg.día⁻¹, correspondientes a los períodos junio-julio 2013 (menores temperaturas) y a noviembre-diciembre 2013 (altas temperaturas y ausencia de precipitaciones), respectivamente (Tabla 2.4).

En el segundo ciclo anual, las TCA total de mayor magnitud ocurrieron en el período febrero-abril en Bahía Blanca (176,56 mg.día⁻¹) y en abril-junio en Patagones (52,69 mg.día⁻¹). En el período junio-agosto, las TCA total fueron negativas en ambas localidades. Posteriormente las TCA total fueron creciendo hasta el período octubre-diciembre, donde se registraron los valores de 65,68 y 24,6 mg.día⁻¹ en Bahía Blanca y Patagones, respectivamente. En el último bimestre analizado, las TCA de la MS total fueron considerablemente bajas en ambas localidades (Tabla 2.4).

Tabla 2.4. Tasas de crecimiento absoluto (mg día^{-1}) de hojas, tallos, raíces y total de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015 en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

| Tasas de Crecimiento Absoluto (mg.día^{-1}) | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------------|---------------|---------------|--------------|------------------|---------------|---------------|--------------|
| Año 1 | | Bahía Blanca | | | | Patagones | | | |
| Periodo | (MDT*) | Hojas | Tallos | Raíces | Total | Hojas | Tallos | Raíces | Total |
| febrero-marzo 2013 | 0-1 | 0,10 | 0,05 | 0,33 | 0,48 | 0,19 | 0,36 | 1,36 | 1,91 |
| marzo-abril 2013 | 1-2 | 0,11 | 0,07 | 0,66 | 0,85 | 0,20 | 0,04 | 0,94 | 1,18 |
| abril-mayo 2013 | 2-3 | 0,36 | 0,07 | 5,38 | 5,81 | 0,41 | 0,04 | 0,71 | 1,16 |
| mayo-junio 2013 | 3-4 | 0,97 | 0,41 | 5,50 | 6,88 | 1,91 | 0,29 | 9,45 | 11,65 |
| junio-julio 2013 | 4-5 | -0,17 | -0,46 | 2,51 | 1,87 | -0,23 | 0,02 | -3,48 | -3,68 |
| julio-agosto 2013 | 5-6 | 0,72 | 0,06 | 1,51 | 2,28 | 1,96 | 1,34 | 7,07 | 10,37 |
| agosto-septiembre 2013 | 6-7 | 4,24 | 0,64 | 12,45 | 17,33 | 1,53 | 0,91 | 6,31 | 8,75 |
| septiembre-octubre 2013 | 7-8 | 9,29 | 16,26 | 10,85 | 36,39 | 2,12 | 8,36 | 6,21 | 16,69 |
| octubre-noviembre 2013 | 8-9 | 26,06 | 38,80 | 10,88 | 75,73 | 11,62 | 13,78 | 12,80 | 38,20 |
| noviembre-diciembre 2013 | 9-10 | 4,23 | 1,82 | 6,19 | 12,25 | -4,38 | 6,56 | -4,71 | -2,53 |
| diciembre-enero 2013/14 | 10-11 | -3,96 | 23,23 | 10,62 | 29,89 | 3,20 | 4,27 | 10,82 | 18,29 |
| enero-febrero 2014 | 11-12 | 8,30 | 20,42 | 4,34 | 33,06 | 14,51 | 4,40 | 10,64 | 29,56 |
| Año 2 | | Bahía Blanca | | | | Patagones | | | |
| Periodo | (MDT*) | Hojas | Tallos | Raíces | Total | Hojas | Tallos | Raíces | Total |
| febrero-abril 2014 | 12-14 | 47,12 | 92,57 | 36,87 | 176,56 | 6,04 | 9,98 | 9,89 | 25,92 |
| abril-junio 2014 | 14-16 | 25,29 | 50,39 | 42,63 | 118,31 | 9,12 | 13,79 | 29,78 | 52,69 |
| junio-agosto 2014 | 16-18 | -6,25 | -29,82 | 16,29 | -19,78 | -2,77 | 2,68 | -1,34 | -1,42 |
| agosto-octubre 2014 | 18-20 | 0,38 | 16,80 | 11,75 | 28,93 | -0,81 | 1,86 | 7,87 | 8,92 |
| octubre-diciembre 2014 | 20-22 | -36,54 | 90,94 | 11,18 | 65,58 | -7,25 | 22,36 | 9,55 | 24,65 |
| diciembre-febrero 2014/15 | 22-24 | -1,65 | -2,99 | -4,82 | -9,46 | 1,02 | 3,97 | -3,72 | 1,27 |

* MDT = meses después del trasplante.

Tasas de Crecimiento Relativo

Las TCR brindan información acerca del “esfuerzo” que realiza la planta para producir MS en un determinado órgano, lo cual permite dilucidar algunas particularidades del crecimiento adicionales con respecto a las TCA.

Hojas y tallos

En el primer año de crecimiento, las TCR de hojas en ambas localidades sextuplicaron su valor en mayo-junio (3-4 MDT) con respecto al mes anterior, evidenciando una mayor inversión de recursos por parte de la planta en producir hojas al finalizar el otoño (Fig. 2.10a). Este incremento en las TCR de hojas coincide con una acumulación de 700 GD para ambas localidades. En junio-julio de 2013 (4-5 MDT) las TCR de hojas y tallos fueron negativas o cercanas a cero (Tabla 2.5). Similarmente, Marques *et al.* (2015) observaron las menores TCR de la parte aérea de *Baccharis trimera* en coincidencia con las temperaturas mínimas.

La TCR de hojas del período noviembre-diciembre 2013 de las plantas crecidas en la localidad de Patagones, en coincidencia con lo observado en otros parámetros como el contenido de clorofila, disminuyó notablemente hasta alcanzar valor negativo. La explicación radicaría en el estrés generado por la combinación de altas temperaturas y ausencia de precipitaciones que caracterizaron dicho período (apéndice 2.2.2).

Posteriormente, al inicio del período reproductivo en diciembre-enero de 2013 (10-11 MDT) las TCR correspondientes a tallos incrementaron en ambas localidades (Fig. 2.10a). El mayor gasto de recursos en tallos al iniciar el estado reproductivo obedece a que allí se disponen las estructuras reproductivas (Tabla 2.5). Asimismo, en las plantas crecidas en Bahía Blanca se registra una TCR negativa, seguramente debido a que planta transporta recursos desde las hojas hacia los tallos para luego dar lugar a la formación de semillas. De manera similar, se ha reportado en *Baccharis halimifolia* la disminución del crecimiento vegetativo con motivo de la asignación de recursos a la producción de semillas (Krischik y

Denno, 1990b). Espírito Santo *et al.* (2003) registraron la misma situación para *B. dracunculifolia*.

Raíces

Las TCR de las raíces durante el primer año de crecimiento mostraron los valores anuales máximos en otoño, correspondiendo al período abril-mayo en Bahía Blanca (2-3 MDT) y a mayo-junio en Patagones (3-4 MDT). A diferencia de la parte aérea, no se observaron mayores TCR durante la primavera (Fig. 2.11a).

Para el segundo ciclo anual se observó una dinámica similar, donde el valor máximo en Bahía Blanca ocurrió en febrero-abril de 2014 (12-14 MDT); mientras que en Patagones acontece en abril-mayo de 2014 (14-16 MDT) (Fig. 2.11c).

Total

En cuanto a las TCR total, en el primer año de estudio se observaron dos picos en ambas localidades. El primero de ellos se dio a finales de otoño, explicado mayormente por el crecimiento de las raíces; mientras que el segundo (de mayor magnitud) se registró en primavera, donde el mayor aporte del crecimiento lo realizaron las hojas y tallos (Fig. 2.11b).

Al igual que con las TCA, en la localidad de Patagones se observaron dos períodos con valores de TCR total negativos, correspondientes a los períodos de junio-julio ($-0,0039 \text{ mg.mg}^{-1}.\text{da}^{-1}$) y noviembre-diciembre ($-0,0011 \text{ mg.mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$) (Tabla 2.5).

Las TCR totales más elevadas del segundo año de estudio se hallaron en el primer cuatrimestre (Fig. 2.11d). Dichos valores fueron $0,0199 \text{ mg.mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ para el período febrero-abril en Bahía Blanca y $0,0084 \text{ mg.mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$ para abril-junio en Patagones (Tabla 2.5). Los menores valores de TCR total tuvieron lugar en invierno (junio-agosto) y durante el período reproductivo (diciembre-febrero) (Tabla 2.5). Los resultados observados guardan relación con los de Espírito Santo *et al.* (2003), quienes trabajando con *B. dracunculifolia* reportaron valores cercanos a cero de TCR para la temporada con menores temperaturas.

Tabla 2.5. Tasas de crecimiento relativo ($\text{mg mg}^{-1} \text{ día}^{-1}$) de hojas, tallos, raíces y total de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 y febrero 2014-febrero 2015 en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

| | | Tasas de Crecimiento Relativo ($\text{mg.mg}^{-1}.\text{día}^{-1}$) | | | | | | | |
|---------------------------|--------|---|---------|---------|---------|-----------|--------|---------|---------|
| Año 1 | | Bahía Blanca | | | | Patagones | | | |
| Periodo | (MDT*) | Hojas | Tallos | Raíces | Total | Hojas | Tallos | Raíces | Total |
| febrero-marzo 2013 | 0-1 | 0,0018 | 0,0001 | 0,0057 | 0,0031 | 0,0026 | 0,0067 | 0,0046 | 0,0042 |
| marzo-abril 2013 | 1-2 | 0,0015 | 0,0014 | 0,0134 | 0,0055 | 0,0043 | 0,0020 | 0,0043 | 0,0030 |
| abril-mayo 2013 | 2-3 | 0,0026 | 0,0024 | 0,0413 | 0,0197 | 0,0024 | 0,0001 | 0,0024 | 0,0029 |
| mayo-junio 2013 | 3-4 | 0,0144 | 0,0012 | 0,0187 | 0,0134 | 0,0156 | 0,0051 | 0,0232 | 0,0176 |
| junio-julio 2013 | 4-5 | -0,0041 | -0,0046 | 0,0064 | 0,0036 | -0,0017 | 0,0001 | -0,0079 | -0,0039 |
| julio-agosto 2013 | 5-6 | 0,0068 | 0,0004 | 0,0020 | 0,0035 | 0,0153 | 0,0172 | 0,0137 | 0,0132 |
| agosto-septiembre 2013 | 6-7 | 0,0251 | 0,0098 | 0,0189 | 0,0177 | 0,0066 | 0,0048 | 0,0091 | 0,0077 |
| septiembre-octubre 2013 | 7-8 | 0,0242 | 0,0577 | 0,0098 | 0,0209 | 0,0059 | 0,0339 | 0,0046 | 0,0109 |
| octubre-noviembre 2013 | 8-9 | 0,0319 | 0,0422 | 0,0084 | 0,0231 | 0,0269 | 0,0232 | 0,0096 | 0,0169 |
| noviembre-diciembre 2013 | 9-10 | 0,0026 | 0,0009 | 0,0045 | 0,0032 | -0,0093 | 0,0047 | -0,0040 | -0,0011 |
| diciembre-enero 2013/14 | 10-11 | -0,0031 | 0,0125 | 0,0049 | 0,0048 | 0,0062 | 0,0081 | 0,0093 | 0,0054 |
| enero-febrero 2014 | 11-12 | 0,0068 | 0,0068 | 0,0022 | 0,0054 | 0,0126 | 0,0001 | 0,0064 | 0,0089 |
| Año 2 | | Bahía Blanca | | | | Patagones | | | |
| Periodo | (MDT*) | Hojas | Tallos | Raíces | Total | Hojas | Tallos | Raíces | Total |
| febrero-abril 2014 | 12-14 | 0,0234 | 0,0222 | 0,0129 | 0,0199 | 0,0082 | 0,0078 | 0,0039 | 0,0062 |
| abril-junio 2014 | 14-16 | 0,0061 | 0,0059 | 0,0087 | 0,0069 | 0,0089 | 0,0075 | 0,0106 | 0,0084 |
| junio-agosto 2014 | 16-18 | -0,0012 | -0,0030 | 0,0029 | -0,0008 | -0,0032 | 0,0021 | -0,0007 | -0,0003 |
| agosto-octubre 2014 | 18-20 | -0,0004 | 0,0023 | 0,0016 | 0,0014 | -0,0003 | 0,0012 | 0,0014 | 0,0010 |
| octubre-diciembre 2014 | 20-22 | -0,0135 | 0,0075 | 0,0016 | 0,0025 | -0,0068 | 0,0072 | 0,0025 | 0,0029 |
| diciembre-febrero 2014/15 | 22-24 | -0,0013 | -0,0001 | -0,0009 | -0,0003 | 0,0015 | 0,0011 | -0,0010 | 0,0002 |

*MDT = meses después del trasplante.

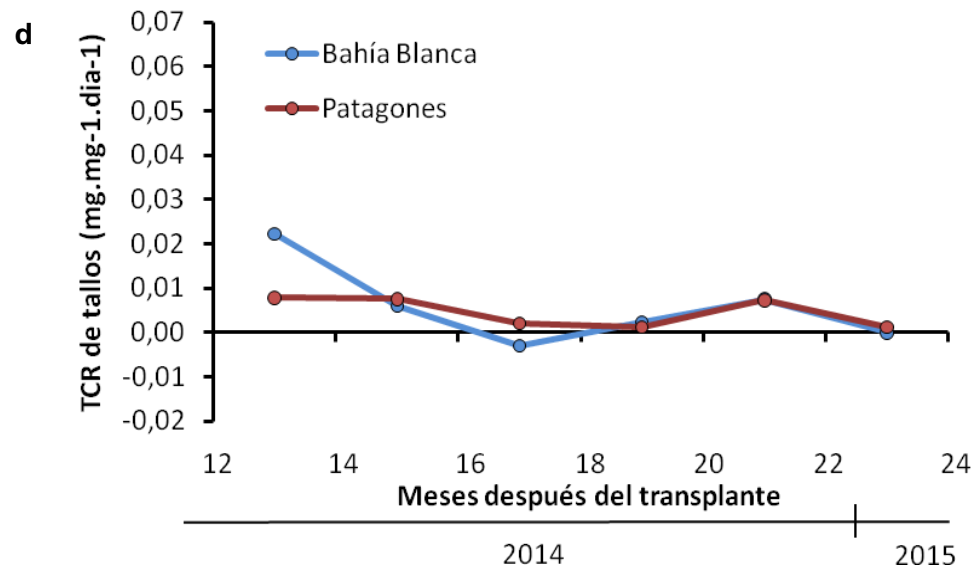
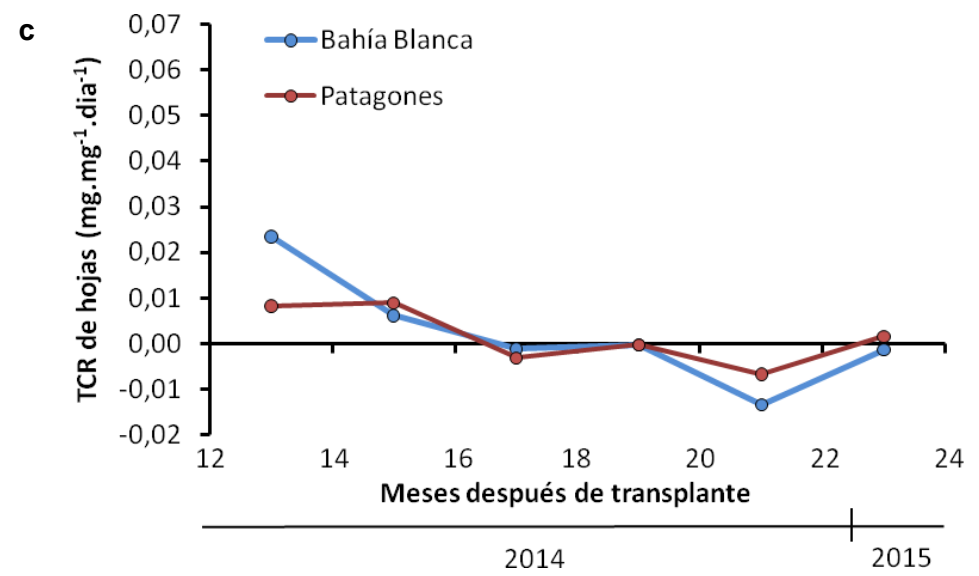
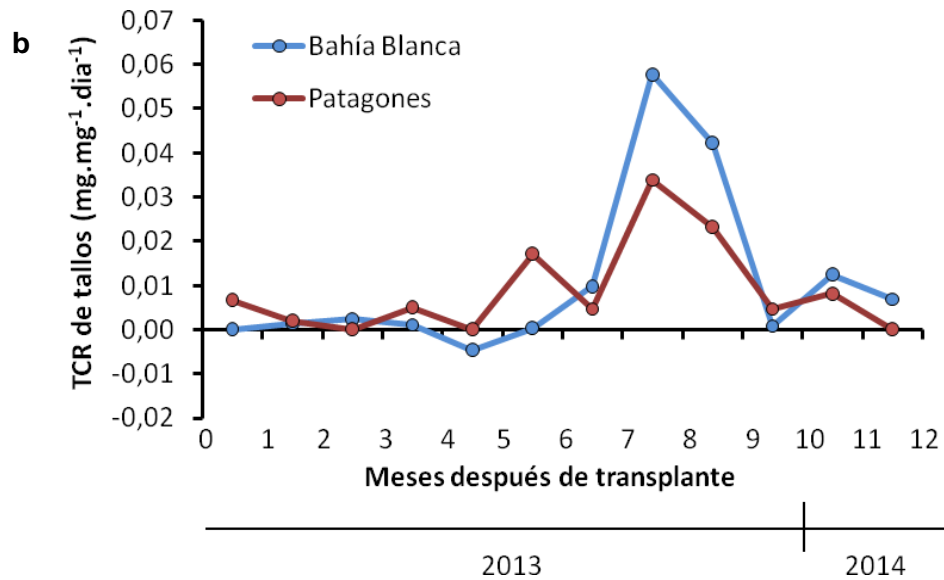
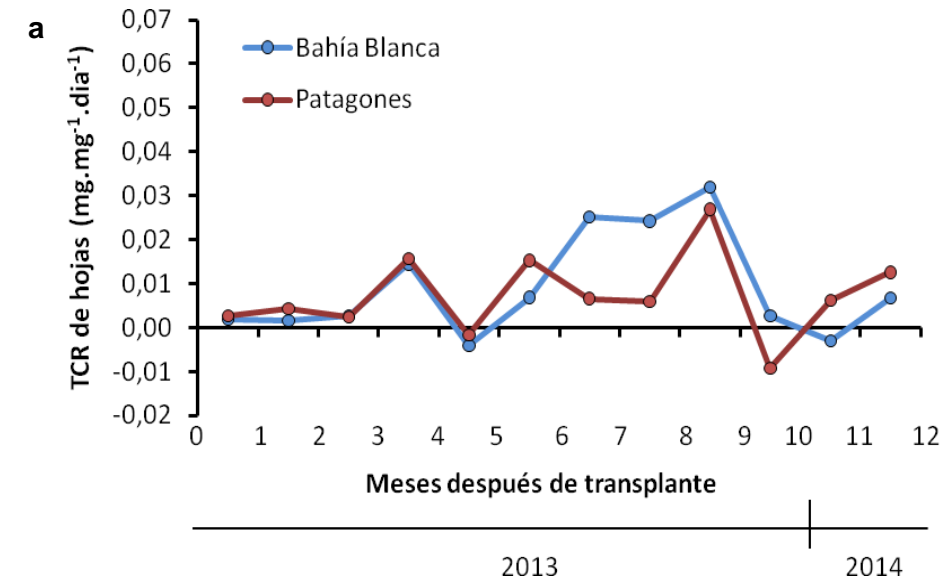


Figura 2.10. Tasas de crecimiento relativo (TCR) en $\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ de hojas (a y c) y tallos (b y d) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 (a y b) y febrero 2014-febrero 2015 (c y d) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

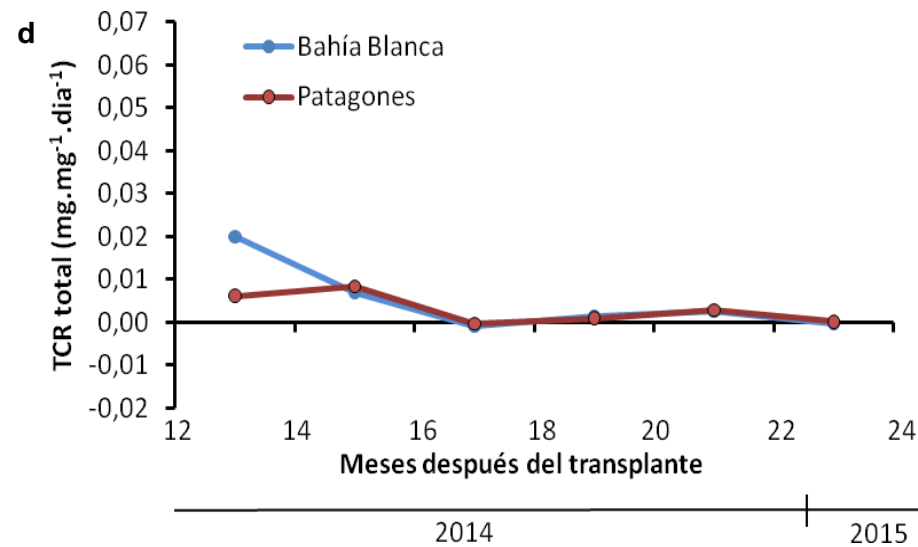
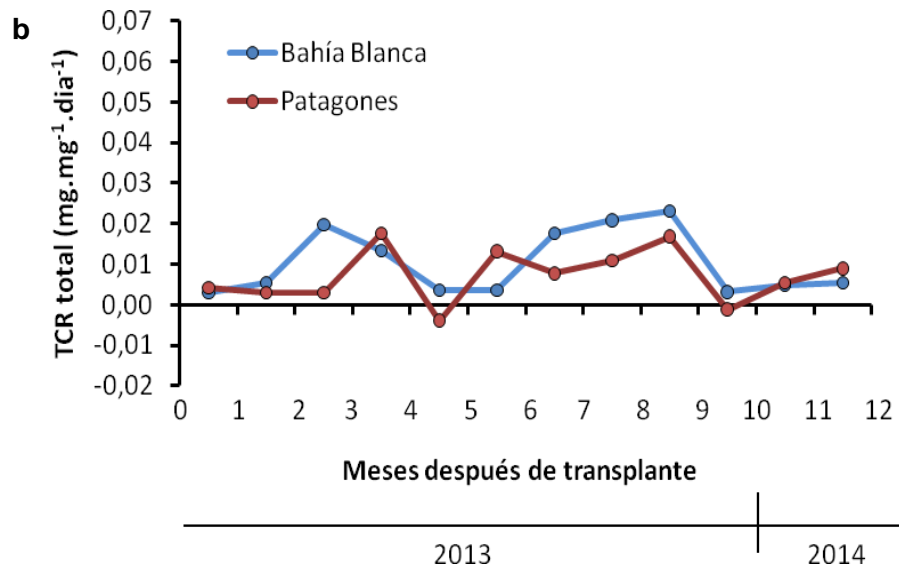
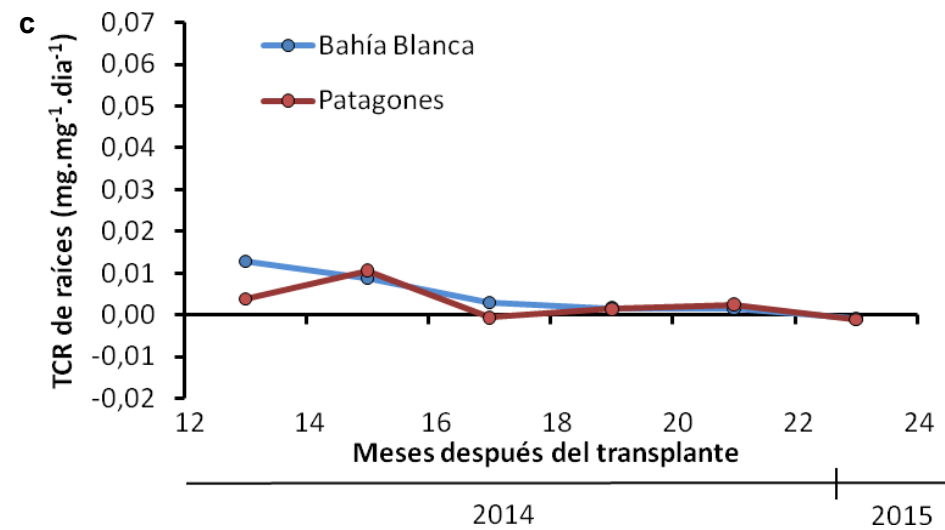
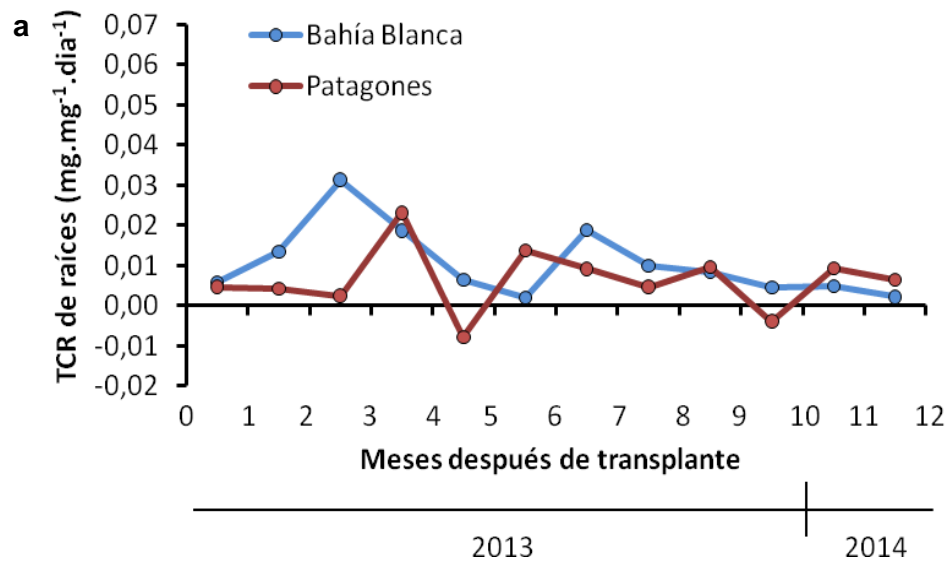


Figura 2.11. Tasas de crecimiento relativo (TCR) en $\text{mg} \cdot \text{mg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ de raíces (a y c) y total (b y d) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante los ciclos anuales febrero 2013-febrero 2014 (a y b) y febrero 2014-febrero 2015 (c y d) en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

Diferencias de las TCA y TCR entre localidades

Tras la comparación de las tasas de crecimiento de *B. ulicina* entre localidades para cada ciclo anual, sólo se hallaron diferencias en la TCA total en el segundo año de estudio (Tabla 2.6). El mayor crecimiento en términos absolutos de las plantas correspondientes a la localidad de Bahía Blanca no se manifestó en las TCR.

Tabla 2.6. Resultados de los análisis estadísticos donde se comparan las variables Tasa de Crecimiento Absoluto (TCA) y Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) de hojas, tallos, raíces y total de plantas de *B. ulicina* crecidas en Bahía Blanca con respecto a aquellas crecidas en Patagones para los ciclos anuales 2013-2014 y 2014-2015.

| Diferencias estadísticas entre localidades | | |
|---|----------------|----------------|
| | TCA | TCR |
| | p-valor | p-valor |
| Ciclo anual 2013-2014 | | |
| Hojas | 0,3164 ns | 0,4707 ns |
| Tallos | 0,8835 ns | 0,5724 ns |
| Raíces | 0,7021 ns | 0,1274 ns |
| Total | 0,1855 ns | 0,5373 ns |
| Ciclo anual 2014-2015 | | |
| Hojas | 0,4735 ns | 0,9611 ns |
| Tallos | 0,0573 ns | 0,6455 ns |
| Raíces | 0,2303 ns | 0,4005 ns |
| Total | 0,0265 * | 0,1237 ns |

Relación parte aérea/raíz

A fin de determinar si existió un crecimiento diferencial de *B. ulicina* entre localidades, se relacionaron las variables MS de parte aérea y MS de raíces (Fig. 2.12). Puede observarse que las regresiones lineales ajustadas para ambas localidades se cruzan, demostrando diferencias entre ellas. Ante los valores mas pequeños de MS de parte aérea, se corresponden valores similares de MS de raíces para ambos sitios. Sin embargo, a medida que se contemplan valores más elevados de MS de parte aérea, se observa como las plantas crecidas en la localidad de Patagones alcanzaron mayor cantidad de MS de raíces.

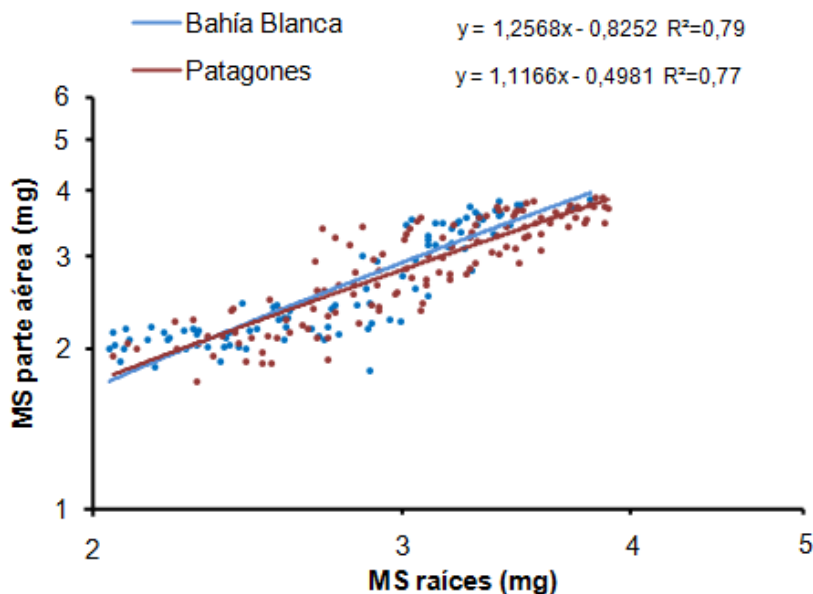


Figura 2.12. Relación entre las variables MS parte aérea y MS raíces (transformadas logarítmicamente) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

Fracciones de hojas, tallos y raíces

Los resultados obtenidos tras la comparación de las tasas de crecimiento entre localidades no permitieron establecer con precisión las diferencias en el crecimiento de *B. ulicina* observadas entre ambos sitios de estudio. Sin embargo, la relación entre variables relativas a la acumulación de MS indicó una mayor producción proporcional de raíces por parte de las plantas crecidas en la localidad de Patagones.

Con el propósito de obtener información adicional sobre la distribución de asimilados realizada por *B. ulicina* dentro de cada ciclo anual en ambas localidades, se determinó la fracción de hojas, tallos y raíces para cada fecha de muestreo.

Fracción de hojas

No se registraron diferencias entre localidades para ninguno de los dos años de estudio (Tabla 2.7). En ambas localidades la fracción de hojas sostuvo valores similares, con una media de 0,20; descendiendo sólo en los últimos dos bimestres en ambos sitios (Fig. 2.13a y Fig. 2.14a).

Fracción de tallos

Se encontraron diferencias altamente significativas entre las localidades en los dos ciclos anuales (Tabla 2.7). En el primero de ellos se determinó una caída de la fracción de tallos de 0,24 a 0,07 desde los 2 a los 7 MDT para las plantas crecidas en Bahía Blanca; mientras que, las plantas crecidas en Patagones mantuvieron niveles similares hasta los 7 MDT. A partir de ese momento, la fracción de tallos aumentó en ambas localidades hasta alcanzar 0,43 a los 12 MDT en Bahía Blanca y 0,34 a los 10 MDT en Patagones (Fig. 2.13b).

Durante todo el segundo ciclo anual se registraron mayores valores de fracción de tallos para la localidad de Bahía Blanca, promediando una diferencia de 0,13 con respecto a la fracción de tallos de las plantas de Patagones (Fig. 2.14b).

Fracción de raíces

Se encontraron diferencias altamente significativas entre las localidades para los dos años de estudio (Tabla 2.7). La fracción de raíces, tal como era de esperar considerando el comportamiento de las restantes fracciones, demostró una distribución inversa a la fracción tallo. Durante el comienzo del primer ciclo anual toma valores muy altos hasta los 7 MDT, donde alcanza 0,71 en las plantas crecidas en Bahía Blanca y 0,68 en las plantas de Patagones (Fig. 2.13c). A partir de allí, disminuye en ambas localidades, aunque las plantas de Patagones mantienen valores más altos por lo que resta de ese ciclo y todo el siguiente. La diferencia media entre localidades durante el segundo año es de 0,16 (Fig. 2.14c).

Tabla 2.7. Resultados de los análisis estadísticos donde se comparan las fracciones de hoja, tallo y raíz de plantas de *B. ulicina* crecidas en Bahía Blanca con respecto a aquellas crecidas en Patagones para los ciclos anuales 2013-2014 y 2014-2015.

| Diferencias estadísticas entre localidades | |
|---|----------------|
| Fracciones | p-valor |
| Ciclo anual 2013-2014 | |
| Hojas/Total | 0,4263 ns |
| Tallos/Total | 0,0016 ** |
| Raíces/Total | 0,0057 ** |
| Ciclo anual 2014-2015 | |
| Hojas/Total | 0,1225 ns |
| Tallos/Total | <0,0001 ** |
| Raíces/Total | <0,0001 ** |

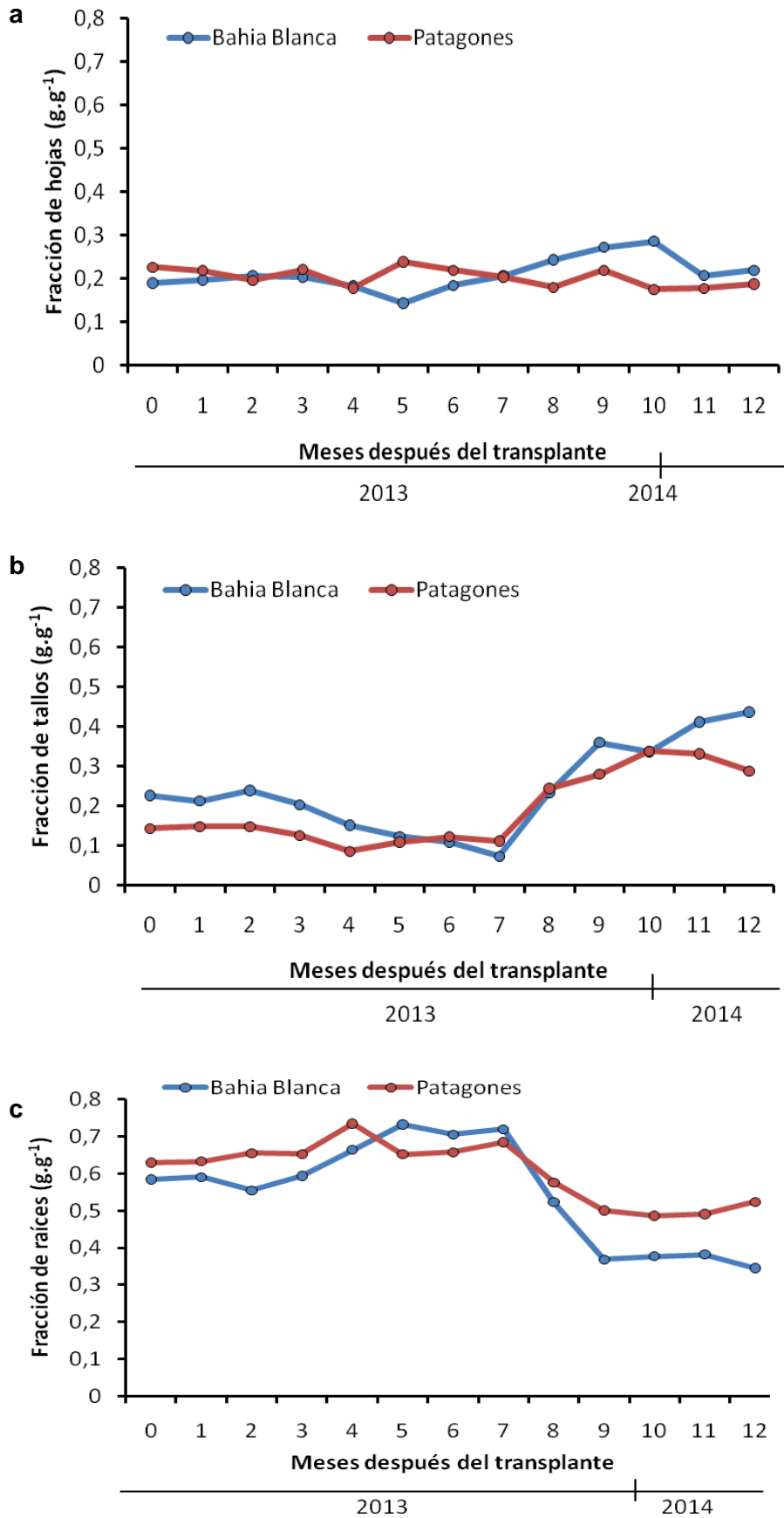


Figura 2.13. Fracciones ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) de hoja (a), tallo (b) y raíz (c) con respecto a la MS total de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante el ciclo anual febrero 2013-febrero 2014 en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

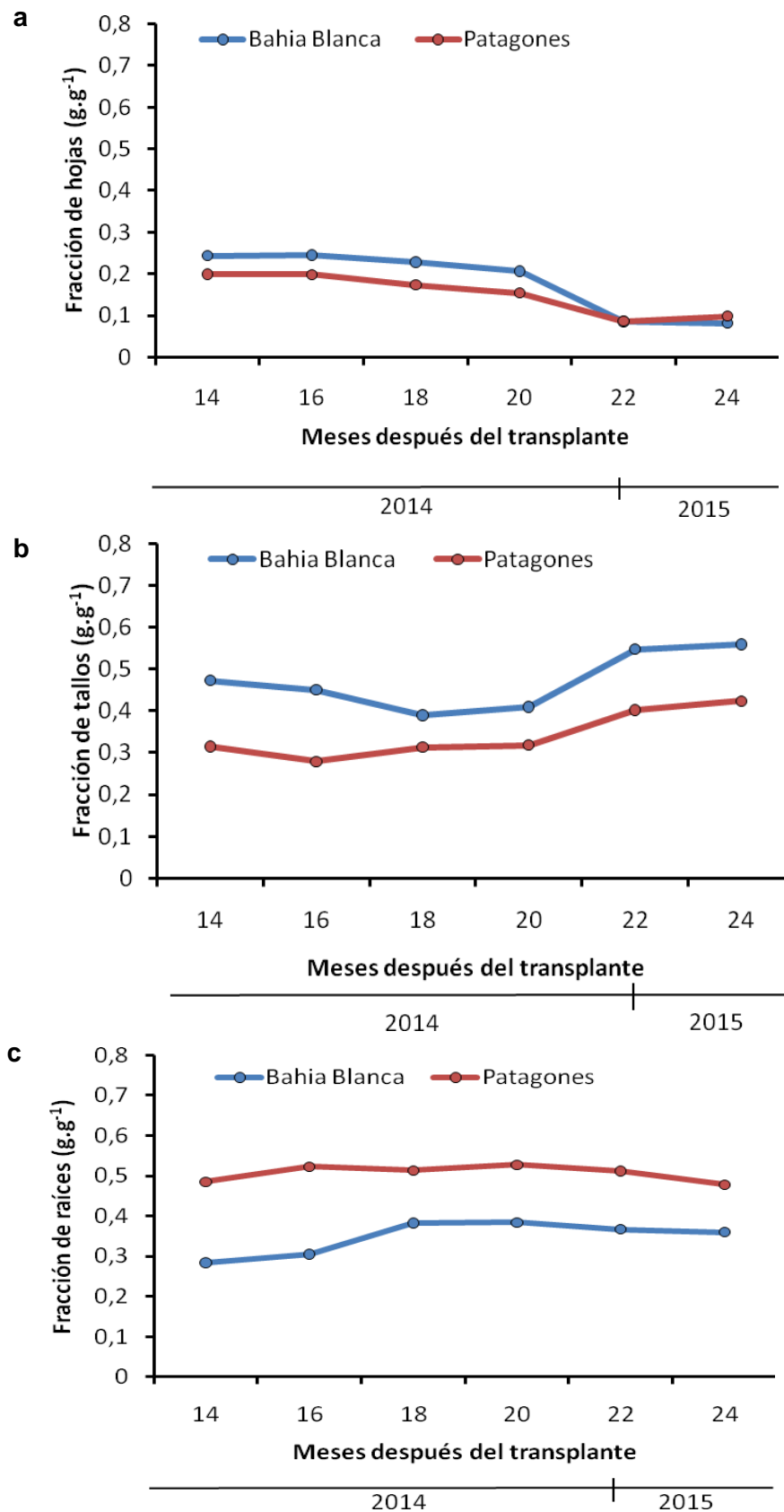


Figura 2.14. Fracciones ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) de hoja (a), tallo (b) y raíz (c) con respecto a la MS total de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante el ciclo anual febrero 2014-febrero 2015 en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

Debido a las diferencias halladas en la distribución de asimilados destinados a tallos y a raíces entre las plantas crecidas en las dos localidades de estudio, resulta de interés determinar si estas diferencias guardan relación con el tamaño la planta. Es común observar que cambios en la distribución de los recursos que realizan plantas creciendo simultáneamente, respondan en verdad a explicaciones relacionadas al tamaño de las mismas (Pearsall, 1927; Weiner, 1988; Coleman *et al.*, 1994; Coleman y McConnaughay, 1995). En este sentido, se relacionaron las fracciones de hoja, tallo y raíz con respecto a la MS total de las plantas de *B. ulicina* crecidas en ambas localidades (Fig. 2.15, Fig. 2.16 y Fig. 2.17).

La fracción de hojas registrada para las plantas crecidas en ambas localidades fue similar o levemente superior para las correspondientes a Patagones, hasta que alcanzaron aproximadamente 1600 mg de MS total (7 MDT en Bahía Blanca con 915 GD acumulados y 8 MDT en Patagones con 970 GD acumulados). A partir de este tamaño, se observaron distintas estrategias de crecimiento entre sitios. Mientras que, las plantas crecidas en Bahía Blanca comenzaron a aumentar la fracción de hojas conforme aumentaba el tamaño de planta, aquellas de la localidad de Patagones exhibieron un comportamiento antagónico (Fig. 2.15).

Durante el crecimiento inicial, la fracción tallo disminuyó a medida que las plantas aumentaron la MS total en ambas localidades hasta un cierto tamaño, a partir del cual la fracción tallo comenzó a incrementar nuevamente. Este punto de inflexión ocurrió para plantas de 920 mg de MS total en Bahía Blanca (aproximadamente 6 MDT), y de 520 mg de MS total en Patagones (aproximadamente 3 MDT). Este cambio de estrategia no pareció responder a la acumulación GD, ya que los valores fueron muy diferentes entre localidades (820 GD en Bahía Blanca y 700 GD en Patagones). De acuerdo a lo observado, las plantas crecidas en Patagones comenzaron a destinar mayor proporción de recursos a la síntesis de tallos con menores tamaños de planta. También se evidenció que, tanto en el período inicial como en los tamaños mas grandes de planta, aquellas crecidas en Bahía Blanca destinaron una mayor fracción de asimilados a la producción de tallos (Fig. 2.16).

La fracción de raíces demostró un comportamiento muy similar entre localidades para los tamaños mas pequeños de planta, donde se registró un incremento de dicha fracción hasta que las plantas alcanzaron los 580 mg (4 MDT en Bahía Blanca con 770 GD acumulados y 3 MDT en Patagones con 700 GD acumulados). A medida que el tamaño de planta se incrementó la fracción raíz disminuyó en ambas localidades hasta que con aproximadamente 2.200 mg de MS total (aproximadamente 8 MDT en Bahía Blanca y 10 MDT en Patagones) las plantas crecidas en la localidad de Patagones comenzaron a destinar proporciones de asimilados considerablemente mayores en la producción de raíces (Fig 2.17). Esta disparidad se explicaría en la diferencia de precipitaciones registrada entre ambas localidades (Tabla 2.1).

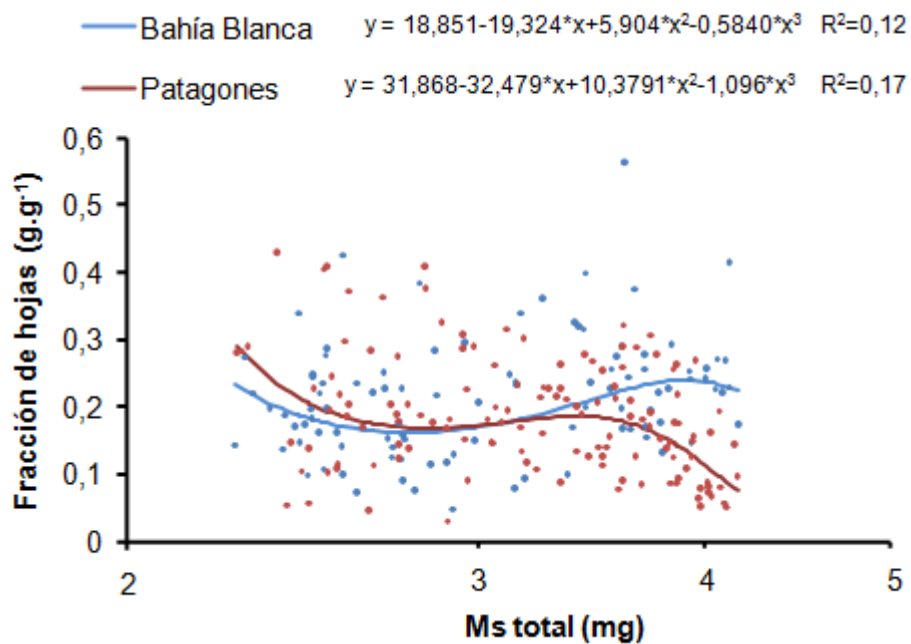


Figura 2.15. Relación entre las variables fracción de hojas y MS total (transformada logarítmicamente) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

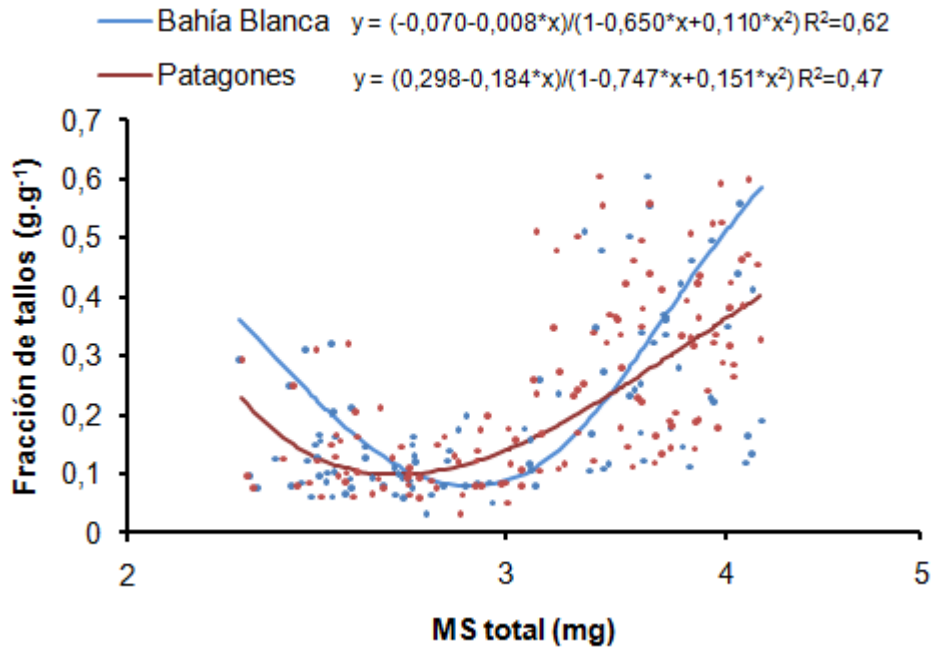


Figura 2.16. Relación entre las variables fracción de tallos y MS total (transformada logarítmicamente) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

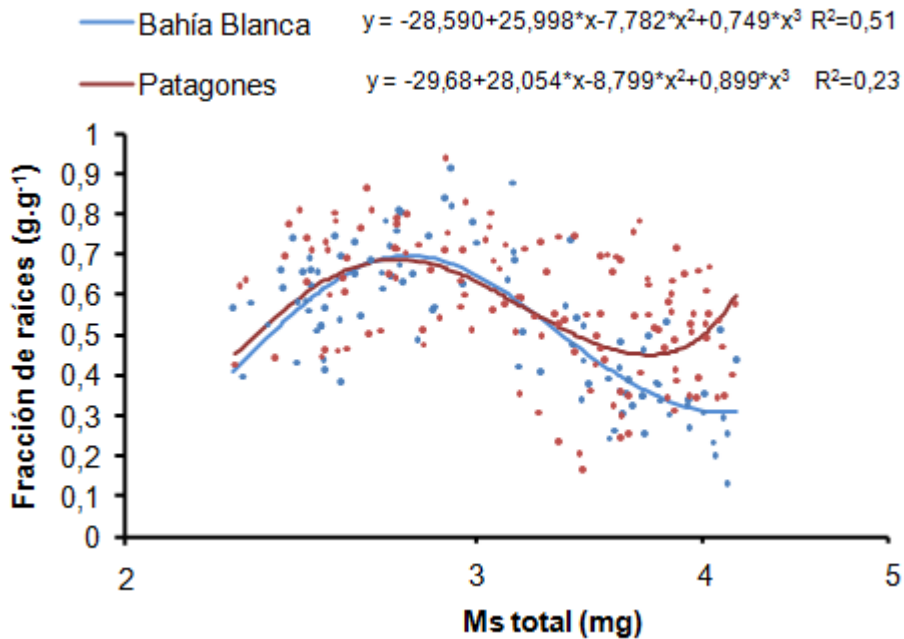


Figura 2.17. Relación entre las variables fracción de raíces y MS total (transformada logarítmicamente) de plantas de *B. ulicina* crecidas en condiciones de campo durante dos ciclos anuales en las localidades de Bahía Blanca y Patagones.

2.3.2 Crecimiento de *B. ulicina* en diferentes suelos bajo condiciones de invernáculo

Aunque durante el desarrollo del estudio, en ciertos parámetros evaluados se encontraron diferencias estadísticas entre los suelos de distintas localidades, al finalizar el mismo luego de 10 meses, tales distinciones desaparecieron. Las diferencias encontradas indicaron en todos los casos un menor crecimiento de las plantas correspondientes al suelo de H. Ascasubi respecto a los suelos de Patagones y Villa Ventana. Dichas diferencias se registraron en el mes de septiembre en la altura de plantas (Fig. 2.19), entre abril y agosto en el número de hojas (Fig. 2.20), en agosto en el número de ramificaciones (Fig. 2.21), desde marzo a agosto y en noviembre para la longitud total de ramificaciones (Fig. 2.22) y de abril a noviembre en la cobertura (Fig. 2.23). En las variables diámetro de planta y número de capítulos no se registraron diferencias en ninguna de las fechas evaluadas (Fig. 2.18 y 2.24). A su vez, los suelos de Patagones y Villa Ventana no se diferenciaron estadísticamente en ninguna de las variables medidas para la totalidad de los muestreos realizados, con la única excepción de la longitud total de ramificaciones en abril.

Al finalizar el estudio, las plantas que crecieron en el suelo de Patagones mostraron una altura de 88 cm, una longitud total de ramificaciones de 584,2 cm y una cobertura de 263,8 cm². Estas mismas variables alcanzaron valores de 56 cm; 495,8 cm y 165,3 cm² para las plantas crecidas en suelo de H. Ascasubi; y 86 cm 499 cm y 222,9 cm² para aquellas crecidas en suelo de Villa Ventana. Si bien los valores presentados por las plantas desarrolladas sobre suelo de Patagones fueron más elevados, no presentaron diferencias estadísticas, por lo que no existen evidencias suficientes para suponer un mayor crecimiento de dichas plantas.

En cuanto a la MS determinada en la culminación del experimento, no se hallaron diferencias entre localidades respecto a la MS de hojas ($p=0,36$) y tallos ($p=0,167$), pero si se evidenció una gran disimilitud en la MS de raíces ($p<0,001$) en favor de las plantas crecidas en el suelo de Patagones respecto a los otros dos tipos de suelo. Además, esta mayor MS de raíces se vio reflejada en la MS total ($p<0,001$) (Tabla 2.8). La MS de las

raíces de las plantas crecidas en el suelo de Patagones fue 670% más elevada que la de aquellas que crecieron en el suelo de H. Ascasubi y 340% más que la correspondiente al suelo de Villa Ventana. Esta particularidad también es posible observarla en la relación que existe entre la MS de las raíces respecto a la MS total ($p=0,014$) y a la MS de la parte aérea ($p=0,021$), donde se hallaron diferencias estadísticamente significativas en favor de las plantas que crecieron en el suelo de Patagones. La medida del área foliar obtenida al finalizar el estudio no demostró diferencias ($p=0,438$) entre las plantas crecidas en suelos de las distintas localidades (Tabla 2.8).

El gran crecimiento de raíces en el suelo de Patagones se explicaría con el mayor contenido de arena y por ende una menor resistencia mecánica al crecimiento de las mismas. Las raíces crecen en el suelo a través de grandes poros y van desplazando partículas de suelo a medida que penetran poros menores que su diámetro. Los suelos con gran cantidad de partículas finas (limo y arcilla) tienen menor diámetro de poros y mayor resistencia a la penetración que un suelo con mayor cantidad de partículas gruesas (Wiersum 1957; Aubertin y Kardos, 1965).

Similarmente, Dakessian *et al.* (1986) trabajando con una serie de cultivos registraron menores crecimientos en suelos de texturas más finas cuando las condiciones imperantes fueron de sequía.

Tabla 2.8. Materia seca (g) de hojas, tallos, raíces y total, relaciones MS raíz/MS total y MS raíz/MS parte aérea, y área foliar de plantas de *B. ulicina* luego de haber crecido en condiciones de invernáculo durante diez meses bajo suelos de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.*

| Suelo | Materia seca (g) | | | | Relación MS raíz / MS total | Relación MS raíz / MS parte aérea | Área foliar (cm ²) |
|-----------------|------------------|--------|--------|--------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | Hoja | Tallo | Raíz | Total | | | |
| C. de Patagones | 1,66 A | 2,95 A | 9,05 A | 13,7 A | 0,66 A | 2,02 A | 281,5 A |
| H. Ascasubi | 1,12 A | 1,54 A | 1,17 B | 3,83 B | 0,36 B | 0,87 B | 195,5 A |
| Villa Ventana | 1,55 A | 2,15 A | 2,02 B | 5,71 B | 0,35 B | 0,60 B | 309,4 A |

*Medias dentro de una columna seguidas por una misma letra no difieren entre sí según Tukey ($p<0,05$).

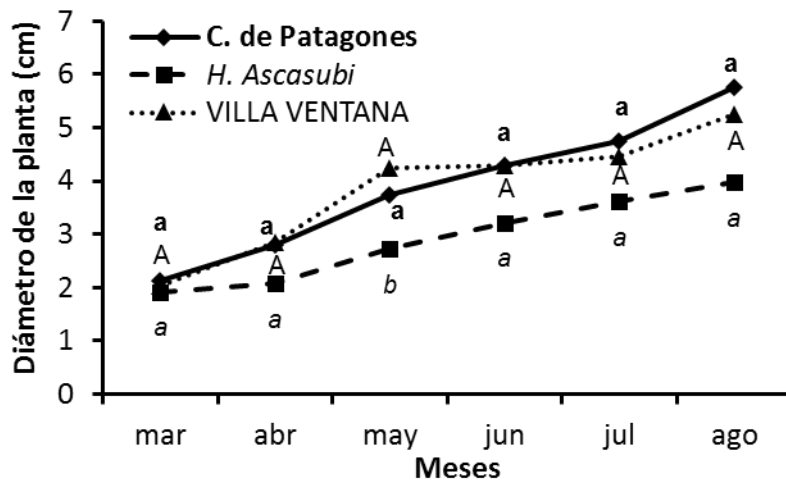


Figura 2.18. Diámetro de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante seis meses en suelos de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.

Valores acompañados por la misma letra dentro de cada fecha de muestreo no difieren entre sí. Las letras minúsculas y resaltadas corresponden al suelo de C. de Patagones, las letras minúsculas en itálica al suelo de H. Ascasubi y las letras mayúsculas al suelo de Villa Ventana.

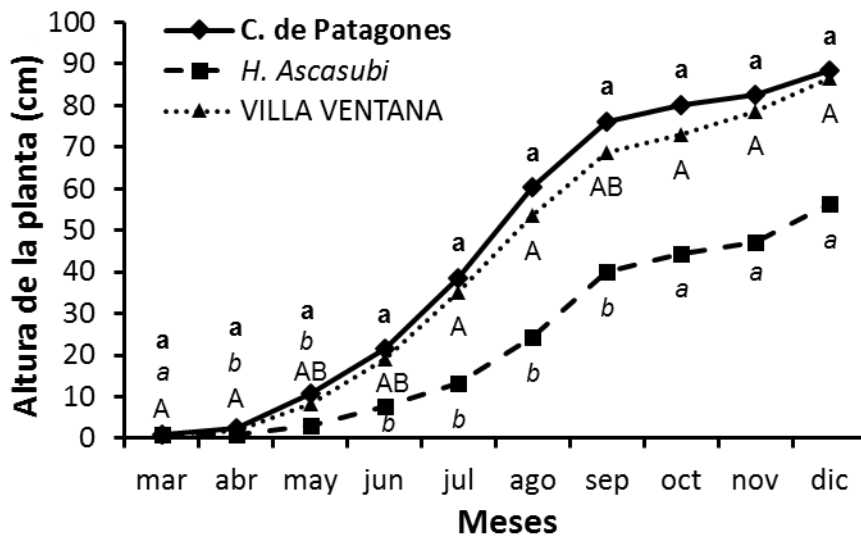


Figura 2.19. Altura de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelo de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.

Valores acompañados por la misma letra dentro de cada fecha de muestreo no difieren entre sí. Las letras minúsculas y resaltadas corresponden al suelo de C. de Patagones, las letras minúsculas en itálica al suelo de H. Ascasubi y las letras mayúsculas al suelo de Villa Ventana.

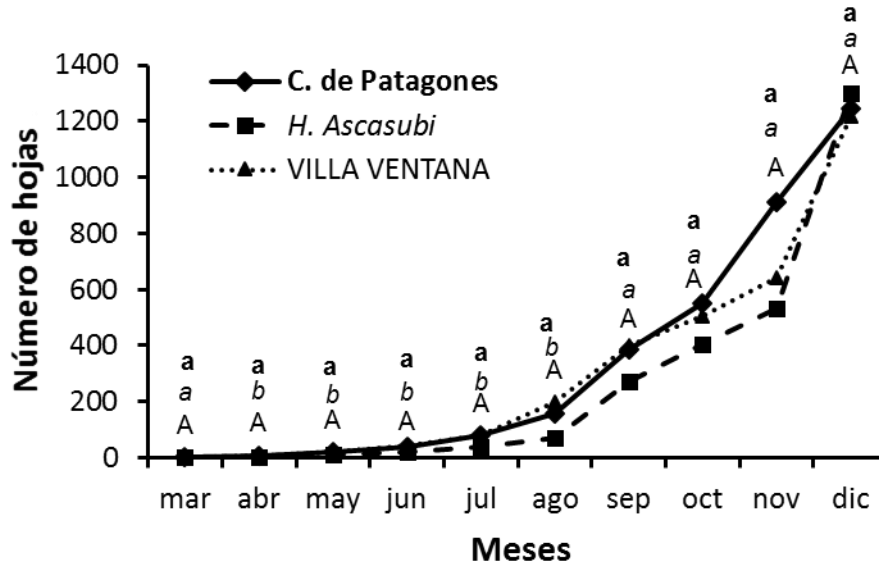


Figura 2.20. Número de hojas de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelos con diferentes texturas. Valores acompañados por la misma letra dentro de cada fecha de muestreo no difieren entre sí. Las letras minúsculas y resaltadas corresponden al suelo de C. de Patagones, las letras minúsculas en itálica al suelo de H. Ascasubi y las letras mayúsculas al suelo de Villa Ventana.

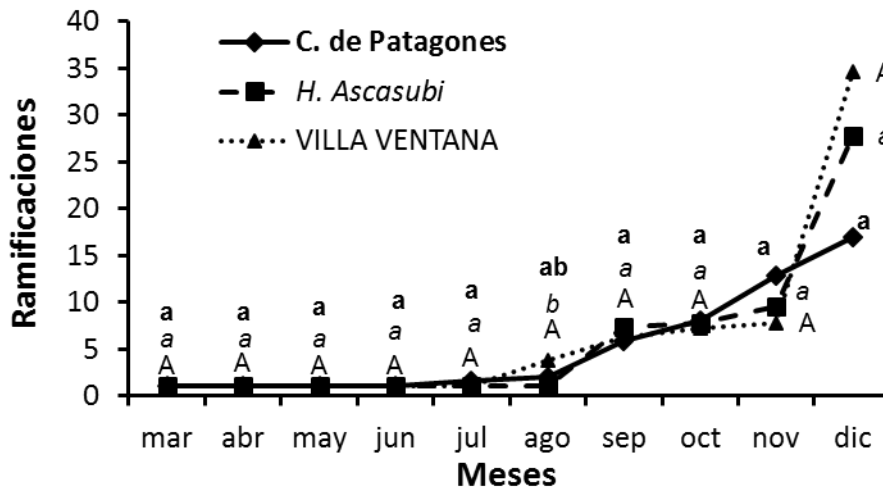


Figura 2.21. Número de ramificaciones de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelo de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana. Valores acompañados por la misma letra dentro de cada fecha de muestreo no difieren entre sí. Las letras minúsculas y resaltadas corresponden al suelo de C. de Patagones, las letras minúsculas en itálica al suelo de H. Ascasubi y las letras mayúsculas al suelo de Villa Ventana.

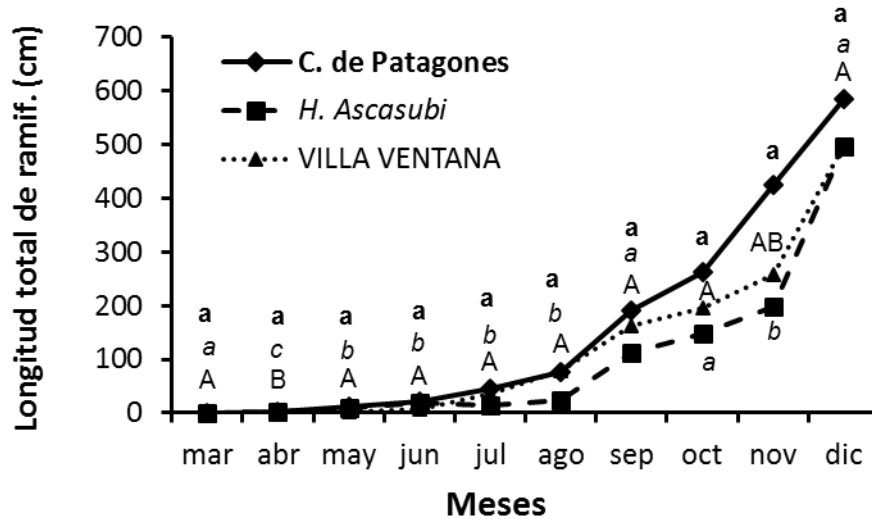


Figura 2.22. Longitud total de ramificaciones de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelo de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.

Valores acompañados por la misma letra dentro de cada fecha de muestreo no difieren entre sí. Las letras minúsculas y resaltadas corresponden al suelo de C. de Patagones, las letras minúsculas en itálica al suelo de H. Ascasubi y las letras mayúsculas al suelo de Villa Ventana.

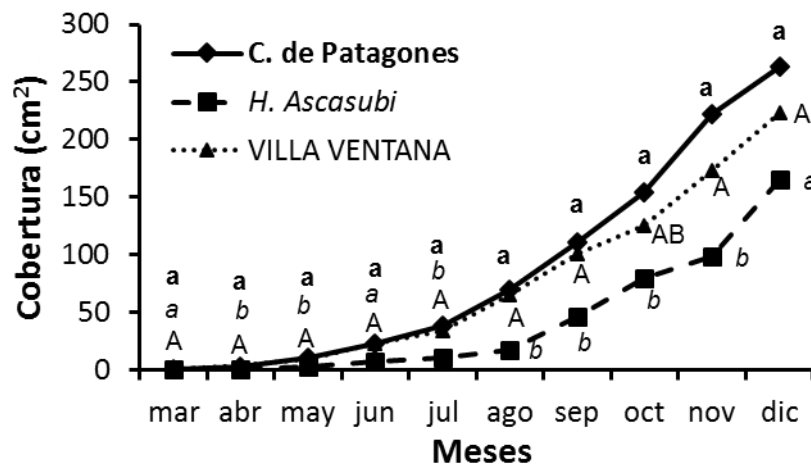


Figura 2.23 Cobertura de plantas de *B. ulicina* creciendo en condiciones de invernáculo durante diez meses en suelo de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana.

Valores acompañados por la misma letra dentro de cada fecha de muestreo no difieren entre sí. Las letras minúsculas y resaltadas corresponden al suelo de C. de Patagones, las letras minúsculas en itálica al suelo de H. Ascasubi y las letras mayúsculas al suelo de Villa Ventana.

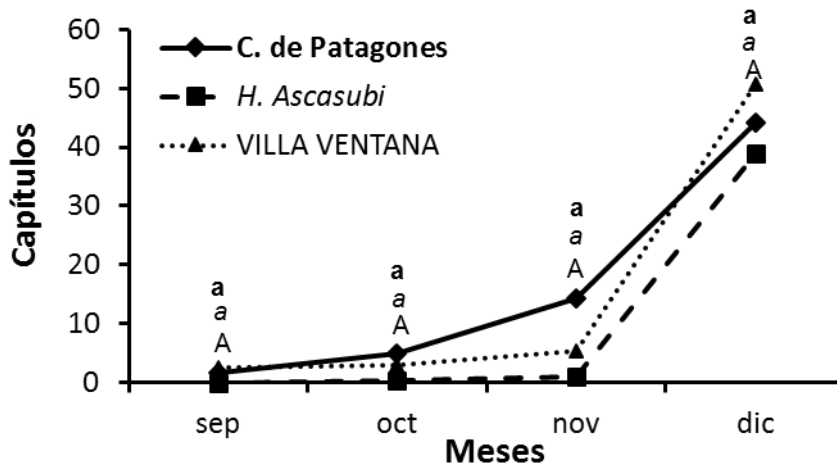


Figura 2.24. Número de capítulos producidos por plantas de *B. ulicina* a partir del séptimo mes de crecimiento en suelos de las localidades de C. de Patagones, H. Ascasubi y Villa Ventana bajo condiciones de invernáculo.

Valores acompañados por la misma letra dentro de cada fecha de muestreo no difieren entre sí. Las letras minúsculas y resaltadas corresponden al suelo de C. de Patagones, las letras minúsculas en itálica al suelo de H. Ascasubi y las letras mayúsculas al suelo de Villa Ventana.

2.4 Conclusiones

En coincidencia con la previsión realizada al respecto, se determinó un mayor crecimiento inicial de raíces; mientras que, la producción de tallos y hojas tomaron valores máximos a principios de primavera. La MS de raíces demostró un crecimiento significativo a partir de los 3-4 MDT, previo al invierno, de manera anticipada a lo registrado para la parte aérea. Una vez producido el aumento de la MS de la parte aérea, se observó una diferenciación entre ambos componentes, ya que la MS de tallos continuó incrementándose, contrario a la MS de hojas que comenzó a disminuir. El gran crecimiento que experimentó la MS de tallos luego del invierno, estuvo dado fundamentalmente por la elongación de los mismos. El número de hojas tuvo un aumento significativo al inicio del invierno del primer ciclo anual. En el segundo año de estudio los períodos de mayor crecimiento para hojas, tallos y raíces sucedieron en los primeros dos bimestres, con tasas muy bajas el resto del año, a excepción de los tallos en el momento previo al inicio del estado reproductivo. Los contenidos de clorofila hallados en ambas localidades, al igual que lo observado por otros autores, guardaron relación con la distribución de las precipitaciones y con los períodos de máximo crecimiento.

Se aceptó la hipótesis que la distribución de recursos asignados a hojas, tallos y raíces de *B. ulicina* es diferente entre plantas que crecen simultáneamente en distintos ambientes. En términos generales, las plantas ubicadas en la localidad de Bahía Blanca demostraron un mayor crecimiento con respecto a aquellas que lo hicieron en la localidad de Patagones, fundamentado en las diferencias meteorológicas existentes entre ambos ambientes. Al finalizar el estudio, la MS total de las plantas de Bahía Blanca alcanzó el valor de 24,45 g; mientras que, para las plantas de la localidad de Patagones fue de sólo 9,99 g. Una particularidad observada, mayormente en Patagones, fueron las tasas de crecimiento negativas registradas en los meses de menores temperaturas y/o déficit hídrico.

Las tasas de crecimiento no exhibieron diferencias entre localidades, a excepción de la TCA total al finalizar el segundo ciclo de crecimiento. Sin embargo, la relación parte aérea/raíz demostró una mayor proporción de raíces en las plantas crecidas en Patagones,

acentuándose a medida que aumenta el tamaño de planta. No se encontraron diferencias entre las localidades con respecto a la fracción de hojas, pero sí para las fracciones de tallos y raíces en los dos ciclos estudiados. Se determinó que la distribución de las distintas fracciones (de hojas, tallos y raíces) en relación al tamaño de la planta fue diferente entre localidades ante iguales tamaños de planta. La fracción de hojas fue mayor para las plantas crecidas en Bahía Blanca a partir de los 1.600 mg de MS total. La fracción de tallos disminuyó en ambas localidades conforme aumentó el tamaño de planta para luego aumentar nuevamente donde alcanzó valores más elevados en la localidad de Bahía Blanca para las plantas de mayor tamaño. La fracción de raíces fue muy similar entre localidades hasta que las plantas alcanzaron una MS total de 2.200 g (aproximadamente 8 MDT en Bahía Blanca y 10 MDT en Patagones). A partir de ese tamaño y conforme aumentó la acumulación de MS total, se registró una gran diferencia entre localidades, con una proporción de raíces superior para las plantas correspondientes a la localidad de Patagones, donde las limitantes hídricas son más acentuadas.

La hipótesis de estudio que *B. ulicina* presenta crecimiento diferencial en distintos suelos de la zona de estudio bajo condiciones controladas fue aceptada. No se registraron diferencias al final del estudio para ninguno de los parámetros evaluados en plantas de *B. ulicina* creciendo en diferentes suelos de la zona de estudio. Sin embargo, se determinó una mayor MS de raíz, reflejada en una mayor MS total de las plantas crecidas en el suelo de la localidad de Patagones, en consonancia con lo determinado en el experimento realizado en condiciones de campo.

La información generada en el presente estudio permite comprender los aspectos más importantes relacionados al crecimiento de *B. ulicina*, así como dilucidar parcialmente su respuesta a los ambientes de estrés hídrico característicos de la zona. Asimismo, permite determinar características biológicas de la especie que resultarían de utilidad para incrementar la eficiencia de eventuales planes de manejo.

Capítulo III –

“Caracterización de la dinámica de producción de semillas, germinación y emergencia de *Baccharis ulicina*”

3.1 Introducción

Baccharis ulicina es una especie que presenta una extensa distribución en Argentina y sus poblaciones abarcan una gran diversidad de ambientes. Su única vía de reproducción es la sexual, por lo que su potencial para producir semillas viables y emerger, son puntos centrales en su capacidad de infestación.

Las flores de *B. ulicina* se agrupan en inflorescencias del tipo capítulos, dispuestos en el ápice de los tallos, que a su vez, se distribuyen en cimbras paniculiformes o corimbiformes (Lamberto *et al.*, 1997). Los capítulos masculinos presentan un involucro de 3-4 mm de longitud; mientras que, en los capítulos femeninos, son levemente mayores (Ariza Espinar y Novara, 2005). Los frutos son cipselas ovoides de 1,7-3,2 mm de largo. Las mismas cuentan con una modificación del cáliz denominada pappus, que consiste en una abundante cantidad de pelos, de 4-8 mm de longitud (Giuliano, 2001). El pappus facilita la dispersión anemócora de las cipselas. Este tipo de adaptación morfológica de los frutos es común en las especies dentro del género *Baccharis* (Van der Pijl, 1969; Karrfalt y Olson, 2008).

En las Angiospermas, la transición hacia la floración es el evento más crítico en su ciclo de vida y se encuentra precisamente controlado por redes sensoriales que perciben e integran señales ambientales y propias del desarrollo de la planta para promover o inhibir esta etapa (Shulga *et al.*, 2011). Por ejemplo, si ocurren eventos de estrés hídrico inmediatamente después de la polinización se puede producir aborto de embriones, y consecuentemente, un menor número de semillas viables (Roldan y Martínez, 2000). Los factores ambientales influyen en forma directa o indirecta sobre los procesos fisiológicos que ocurren en el crecimiento reproductivo (Kozlowski y Pallardy, 1997).

Una vez formadas las estructuras reproductivas, en ellas se producen la expansión celular (sin aumento en el número de células) y una serie de procesos anabólicos que inician el llenado de la semilla a través de la acumulación de reservas, gracias a los fotoasimilados proporcionados por la planta madre (Olasoji *et al.*, 2012). Esto último,

eventualmente puede ser atenuado por la planta a través del transporte de fotoasimilados de reserva desde otros órganos (Bradford, 1994).

Una semilla alcanza la madurez fisiológica cuando obtiene su peso seco máximo, lo que representa el fin del período de llenado. En ese momento se da generalmente la máxima capacidad germinativa y el máximo vigor germinativo. Es decir, una vez que una semilla alcanza este estadio, instantáneamente comienza el proceso de deterioro de su capacidad para germinar. Simultáneamente, la semilla empieza a perder su contenido de agua en más de un 90%, reduciendo su metabolismo (Malarkodi y Srimathi, 2007). Con la pérdida de agua, el embrión pasa a un estado metabólico inactivo y la semilla comienza a ser una estructura autónoma. En ese momento tiene lugar la madurez morfológica, definida como el momento en que la semilla se desprende de la planta madre (Harrington, 1972). Finalmente ocurre la dispersión de las semillas, un factor esencial en la distribución natural de las especies y en el intercambio genético dentro y fuera de las poblaciones (De Noir *et al.*, 2002).

Existe una estrecha relación entre la germinación de una semilla y las condiciones ambientales a las que fue expuesta la planta madre durante el proceso de formación de esa semilla (Sultan, 1996; Vaughton y Ramsey, 1998). El grado de llenado de las semillas es fundamental para determinar el comportamiento que tendrá el banco de semillas una vez que estas sean liberadas al ambiente (Thompson, 1987). La germinación de las malezas difiere entre semillas producidas por distintas plantas madres y entre semillas resultantes de distintos años (Andersson y Milberg, 1998; Beckstead *et al.*, 1996).

Una semilla recién formada tiene dos posibles estados: latencia o dormición. Se considera latente cuando a pesar de conservar su poder germinativo y su viabilidad no germina a causa de las condiciones ambientales, de modo que la imposibilidad para germinar está dada por el ambiente que la rodea (Benech-Arnold *et al.*, 2000). Para poder lograr la germinación, una semilla latente debe ser expuesta a las condiciones ambientales propicias de manera de activar nuevamente su metabolismo. En cambio, la dormición es una propiedad determinada genéticamente en la semilla, que define las condiciones

ambientales en las que la semilla es capaz de germinar (Finch-Savage y Leubner-Metzger, 2006).

El proceso de germinación está compuesto por tres fases caracterizadas por: imbibición de agua (proceso meramente físico), cambios enzimáticos (el contenido de humedad permanece constante), y crecimiento de la radícula (donde el proceso comienza a distinguirse visualmente) (Bewley, 1997).

Por lo expuesto, es importante estudiar la fecundidad de *B. ulicina*, su germinación conforme avanza el período reproductivo, y la dinámica de la emergencia de plántulas de *B. ulicina* durante el año. Contar con información sobre estos aspectos resulta fundamental para determinar el potencial reproductivo de la especie, y el grado de expansión que puede alcanzar como maleza.

3.1.1 Hipótesis

- a. Durante el transcurso del período reproductivo de *B. ulicina* ocurren variaciones en:
- a1. la cantidad de capítulos generados por planta.
 - a2. la germinación de las semillas producidas.

Sustento de la hipótesis

La formación de estructuras reproductivas, depende de factores intrínsecos de cada especie, como el genotipo, y extrínsecos como las condiciones ambientales (Borgignon y Picolo, 1982; Kozlowski, 1992; Poorter y Nagel, 2000). Así, la formación de inflorescencias se verá influenciada por las condiciones ambientales (Biasutti y Peiretti, 1992). La variación de temperatura y precipitaciones son los factores que mayormente definen la producción de semillas (Valencia-Díaz y Montana, 2005).

Las especies pertenecientes a la familia Asteraceae poseen períodos reproductivos prolongados que pueden durar hasta varios meses (Jeffrey, 2007). En el caso de *B. ulicina*, la producción de semillas en la zona de estudio comienza habitualmente a fines de enero y se puede extender hasta mediados de mayo (obs. pers.). Teniendo en cuenta la duración de tal período, tanto la formación de estructuras reproductivas como el poder germinativo de las semillas producidas pueden sufrir importantes modificaciones en respuesta a las condiciones ambientales.

Espírito-Santo *et al.* (2003) registraron una extensión del período de producción de semillas de *B. dracunculifolia* de aproximadamente tres meses, con una mayor proporción de capítulos generados en la segunda mitad de dicho período, una vez finalizada la época de lluvias. Por su parte, Macedo (1995) y Sousa *et al.* (2014) reportaron en el estado brasileiro de Minas Gerais una relación de la fase reproductiva de *Baccharis trimera* con la época seca, dado que contribuye a la dispersión anemocórica de los frutos de la especie.

En cuanto al poder germinativo, el éxito del llenado de la semilla depende las condiciones ambientales que acontezcan durante todo el proceso. La ocurrencia en este momento de cualquier factor que provoque un estrés a la planta, es determinante en la

capacidad de germinación de las semillas que se producirán, ya que la acumulación de materia seca se ve afectada (Mehta *et al.*, 1993).

b. La emergencia de plántulas de *B. ulicina* no es uniforme a través del año.

Sustento de la hipótesis

La emergencia es una de las etapas más críticas en el ciclo de vida de una especie y el momento del año de su ocurrencia determina su futura supervivencia (Forcella *et al.* 2000). Determinadas condiciones ambientales, como la falta de agua en el suelo, pueden retrasar dicho proceso, y contribuir de esta manera, a la distribución de la emergencia en el tiempo. Así, las plántulas cuentan con una mayor probabilidad de encontrar las condiciones adecuadas para su establecimiento y posterior desarrollo (Nassif y Pérez, 1997). Existen antecedentes de *B. trimera* cuya emergencia ocurre principalmente luego de las temporadas de lluvia (Sousa *et al.*, 2014). Asimismo, se ha determinado que el establecimiento de *B. pilularis* está positivamente relacionado a altos niveles de lluvia (Williams *et al.*, 1998; Williams y Hobbs, 1989).

Previsiones

a1. La producción de capítulos de *B. ulicina* tendrá su valor máximo de manera previa a las precipitaciones de otoño.

a2. La germinación de las semillas variará durante el ciclo reproductivo en relación al peso que logren alcanzar las mismas.

b. La emergencia de *B. ulicina* se dará en forma fraccionada, con sus valores máximos luego de los picos de lluvias característicos de la zona, es decir, en otoño y primavera.

3.1.2 Objetivos

Objetivo general

Obtener información detallada acerca de la capacidad de producción de semillas de *Baccharis ulicina*, el poder germinativo de las mismas y la emergencia, considerando la influencia del ambiente en sus dinámicas a través del tiempo.

Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de semillas producidas por *B. ulicina* de acuerdo al tamaño de planta.
- Establecer la dinámica de producción de capítulos durante el período reproductivo.
- Establecer la dinámica de la germinación de semillas producidas durante el período reproductivo.
- Determinar la dinámica de la emergencia de plántulas de *B. ulicina*.

3.2 Materiales y Métodos

3.2.1 Variación de los componentes de producción de semillas (capítulos/planta y semillas/capítulo) de *B. ulicina* de acuerdo al tamaño de planta

Con la finalidad de estimar diferencias en la producción de semillas de *B. ulicina* de acuerdo al tamaño de la planta se registró el número de capítulos por planta y el número de semillas por capítulo en tres tamaños de plantas de dos localidades. Luego se estimó el número total de semillas de acuerdo al diámetro de planta y localidad.

En poblaciones naturales de *B. ulicina* ubicadas en las localidades de Bahía Blanca (38°41'42.80"S 62°16'12.12"O) y Patagones (40°40'22.24"S 62°53'50.23"O), se seleccionaron al azar plantas de tres tamaños diferentes. Se utilizó como criterio de selección el diámetro de las plantas: 0-20 cm (plantas chicas), 20-40 cm (plantas medianas) y 40-60 cm (plantas grandes). El muestreo fue realizado en aproximadamente la mitad del período de producción de semillas (primera semana de marzo) del año 2012. Los datos meteorológicos de las localidades donde se realizó el estudio, correspondientes al período mencionado, pueden observarse en los apéndices 2.1.1 y 2.2.1.

Se registró el número total de capítulos por planta de 25 ejemplares de cada tamaño para cada localidad. Adicionalmente, se extrajeron de cada una de las plantas, cuatro capítulos que fueron guardados en sobres de papel correctamente identificados para su traslado al Laboratorio de Ecofisiología de Malezas de CERZOS a fin de registrar la cantidad de semillas por capítulo.

Los resultados de las evaluaciones de capítulos por planta y semillas por capítulo fueron sometidos a análisis de la varianza siguiendo un diseño completamente aleatorizado. En todos los casos la diferenciación de medias se realizó a través del test de Tukey ($p < 0,05$) utilizando INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008). Dado que los resultados correspondientes a la evaluación de capítulos por planta presentaron heterocedasticidad fueron previamente transformados con la función Ln (Snedecor y Cochran, 1956).

3.2.2 Dinámica de la producción de capítulos por planta durante el período reproductivo

En el presente estudio se determinó la producción de capítulos por parte de plantas medianas (20-40 cm de diámetro) durante un ciclo reproductivo completo en poblaciones naturales de *B. ulicina*.

El estudio se llevó a cabo en los años 2013 y 2014 en dos sitios, uno de ellos ubicados en la localidad de Bahía Blanca (38°40'48,41"S 62°14'47,70"O) y el otro en la localidad de General Cerri (de aquí en adelante Gral. Cerri) (38°43'40,01"S 62°23'29,79"O). Los datos meteorológicos correspondientes pueden observarse en los apéndices 2.1.2, 2.1.3, 2.3.1 y 2.3.2. Por un desperfecto técnico no se cuenta con los datos meteorológicos correspondientes a las primeras seis semanas del período de producción de capítulos de 2013 en la localidad de Cerri. Previo a cada ciclo reproductivo, se marcaron y numeraron 20 plantas representativas de una población natural por cada sitio, utilizándose diferentes plantas cada año (Fig. 3.1). Las densidades poblacionales promedio fueron de 43 plantas.100m⁻² en Bahía Blanca y 40 plantas.100m⁻² en Gral. Cerri.

En cada muestreo se contó el número de capítulos abiertos con semillas maduras aún adheridas sobre el mismo (de ahora en más capítulos maduros) (Fig. 3.2b) y de capítulos abiertos cuyos receptáculos ya se encontraban sin sus respectivas semillas que ya se habían dispersado previamente (de ahora en más receptáculos vacíos) (Fig. 3.2c). Como puede observarse en la Figura 3.2, los capítulos maduros son fácilmente diferenciables de los capítulos cerrados. La suma de capítulos maduros y receptáculos vacíos permite establecer cuántos capítulos produjeron semillas entre muestreos sucesivos. Tanto los capítulos maduros como los receptáculos vacíos fueron cortados luego de cada evaluación. De esta manera se asegura que al momento de realizar el siguiente muestreo, sólo se registre la producción de capítulos generados desde la última evaluación.



Figura 3.1. Planta de *B. ulicina* sobre la que se registró la producción de capítulos durante un ciclo reproductivo completo.

Los muestreos comenzaron a realizarse desde que el 100% de las plantas produjeron semillas maduras, y se llevaron a cabo hasta que la totalidad de las plantas dejó de producir semillas.

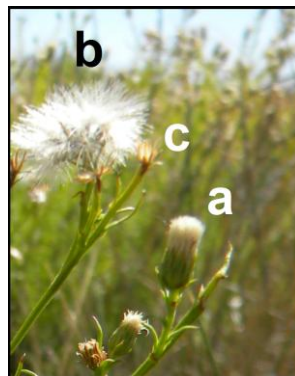


Figura 3.2. Capítulos de *B. ulicina* en distinto grado de maduración, **a-** capítulo inmaduro, **b-** capítulo maduro, y **c-** receptáculo de la inflorescencia vacío.

En 2013 el ciclo de producción de semillas duró 17 semanas. Las mediciones se realizaron los días 22/01 (semana 1), 29/01 (semana 2), 05/02 (semana 3), 13/02 (semana 4), 19/02 (semana 5), 26/02 (semana 6), 05/03 (semana 7), 13/03 (semana 8), 19/03 (semana 9), 26/03 (semana 10), 10/04 (semana 12), 17/04 (semana 13), 01/05 (semana 15) y 14/05 (semana 17). En 2014, el período de producción de semillas comenzó aproximadamente una semana más tarde con respecto al año anterior. Los muestreos fueron realizados los días 29/01 (semana 1), 12/02 (semana 3), 28/02 (semana 5), 18/03 (semana 7), 04/04 (semana 9), 22/04 (semana 11) y 06/05 (semana 13). Al final de cada temporada se midió la altura y el número de ramificaciones de las plantas muestreadas, y se

cosechó la parte aérea a fin de obtener la MS de las mismas. En el caso de Gral. Cerri en el año 2013 se verificó la aplicación de medidas de control accidental realizada por terceros luego de la última medición. En consecuencia, no fue posible tomar los datos finales de las plantas que crecieron en esta localidad (Tabla 3.2). Con la información del año 2014 se realizaron regresiones entre la MS total de las plantas de cada localidad al final del ciclo reproductivo y el número estimado de semillas producidas. Para ello se utilizó el número de capítulos generados por planta y la media de las semillas por capítulo registrada durante todo el período reproductivo.

En el primer año de estudio (2013), además de la producción de capítulos, se determinó la germinación de semillas de *B. ulicina* cosechadas en los muestreos que se consideraron los más representativos (semanas 1, 2, 4, 6, 8, 10, 13 y 15) para ambas localidades. Todas las semillas cosechadas en una misma fecha de muestreo y en una misma localidad fueron mezcladas dentro de sobres de papel y se conservaron a 5°C hasta el momento de su utilización. Se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas por fecha y localidad de muestreo, a las que se les registró el peso de 1.000 semillas (de aquí en adelante "P₁₀₀₀") con una balanza analítica. Las semillas utilizadas fueron seleccionadas al azar del lote correspondiente y se dispusieron sobre papel "tissue" en cajas de Petri bajo condiciones óptimas de germinación (20°C y fotoperíodo de 12 h) (Tucat *et al.*, 2013a). Dado que estudios previos demostraron la ausencia de cualquier grado de dormición, no fue necesario ningún tratamiento previo de las semillas (Tucat *et al.*, 2013b).

Con los resultados de la producción de capítulos por muestreo se calculó la producción acumulada de capítulos, es decir, la cantidad de capítulos producidos desde el comienzo del ciclo reproductivo hasta ese momento. Los resultados obtenidos de la producción de capítulos por fecha de muestreo, la germinación y el P₁₀₀₀ fueron sometidos a análisis de varianza utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado, y seguidamente las medias fueron separadas con el test de Tukey ($p < 0,05$). En los resultados correspondientes a la producción de capítulos se determinó heterocedasticidad, por lo que se evaluaron diversos tipos de transformaciones ($\text{Log } Y$, \sqrt{Y} , $1/(Y+1)$) a fin de intentar

homogeneizar la varianza. Dado que en ninguno de los casos se logró subsanar el inconveniente, se procedió a la realización de los análisis con los datos originales.

3.2.3 Emergencia de plántulas

A fin de evaluar la dinámica de emergencia de plántulas de *B. ulicina* se llevó a cabo el presente estudio en dos ciclos anuales (marzo 2012-marzo 2013 y marzo 2013-marzo 2014). Los experimentos se realizaron en dos sitios, en las instalaciones de CERZOS – CONICET, CCT Bahía Blanca (38°39'52,29"S; 62°13'55,53"O) y en el establecimiento rural perteneciente a la Universidad Nacional del Sur ubicado en el paraje Napostá (38°25'39,25"S; 62°17'9,28"O). Los datos meteorológicos correspondientes a la localidad de Bahía Blanca pueden observarse en el apéndice 2.1.1, 2.1.2 y 2.1.3; mientras que, de la localidad de Napostá sólo se cuenta con los datos correspondientes a los últimos tres meses del segundo ciclo anual (apéndice 2.4.1) debido a que desperfectos en dicha estación meteorológica impidieron la recuperación de los datos.

Se recolectaron semillas maduras en el mes de febrero de cada año en diversas poblaciones naturales, se mezclaron, y en cada año se utilizó el mismo lote de semillas para ambas localidades. En el mes de marzo de cada año, en ambas localidades se delimitaron seis parcelas de 1 m² donde se niveló la superficie, se desmalezó dejando solo suelo desnudo, y se distribuyeron homogéneamente 1.000 semillas por parcela, coincidiendo con la caída de las semillas en condiciones naturales. Sobre las semillas se depositó una delgada capa de suelo (<5 mm) para evitar su voladura. Mensualmente se determinó la emergencia de plántulas durante un año, luego de cada medición se aplicó herbicida Paraquat a una dosis equivalente a 1,17 kg de i.a.ha⁻¹. Este herbicida desecante de contacto permite eliminar las plántulas emergidas, así como controlar las malezas surgidas dentro de las parcelas generando el menor disturbio posible. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con seis repeticiones, donde los datos resultantes fueron sometidos a análisis de varianza y las medias fueron separadas a través del test de Tukey (p<0,05) utilizando el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

3.3 Resultados y discusión

3.3.1 Variación de los componentes de producción de semillas (capítulos/planta y semillas/capítulo) de *B. ulicina* de acuerdo al tamaño de planta

Producción de capítulos por planta

No existió interacción entre las variables clasificatorias localidad y diámetro de planta ($f=0,98$ $p=0,3796$), aunque si se detectaron diferencias entre localidades ($f=100,11$ $p<0,0001$) y diámetros de plantas ($f=111,56$ $p<0,0001$) (Tabla 3.1).

El número medio de capítulos registrado en Patagones para los diámetros de planta 0-20, 20-40 y 40-60 cm, fue de 187, 423 y 667, respectivamente; mientras que, en Bahía Blanca para los mismos tamaños de planta se registraron medias de 82, 154 y 372, respectivamente (Tabla 3.1).

Se observó una diferencia entre la proporción del aumento de la producción de capítulos entre tamaños de planta según la localidad. En Patagones, las plantas medianas generaron 127% más de capítulos que las plantas de menor diámetro; mientras que, las plantas grandes lo hicieron en un 57% respecto a las plantas medianas. En Bahía Blanca, el número de capítulos de plantas medianas fue 95% mayor respecto a las plantas de menor diámetro; mientras que, las plantas grandes produjeron 107% más de capítulos que las plantas de diámetro intermedio. Es decir que en Patagones la mayor diferencia en la producción de capítulos se registró entre los dos menores tamaños; mientras que, en Bahía Blanca se dio entre los tamaños intermedio y grande (Tabla 3.1).

Comparando iguales diámetros de planta entre localidades, se percibió que las que crecieron en Patagones produjeron más capítulos, tanto en las plantas de menor diámetro ($F=35,63$ $p<0,0001$), como en las de diámetro intermedio ($F=58,12$ $p<0,0001$) y grande ($F=19,2$ $p<0,0001$) (Tabla 3.1). La diferencia fue de un 126% más de capítulos en el caso de las plantas chicas (0-20 cm de diámetro), 175% en las plantas medianas (20-40 cm de diámetro) y 79% en las plantas grandes (40-60 cm de diámetro) (Tabla 3.1). Teniendo en

cuenta la media entre tamaños de planta, en la localidad de Patagones las plantas produjeron 188 capítulos más que en Bahía Blanca.

Tabla 3.1. Producción de capítulos por planta y de semillas por capítulo tres tamaños diferentes de plantas de *B. ulicina* muestreadas en marzo de 2012 (mitad del ciclo reproductivo) pertenecientes a poblaciones naturales de las localidades de Patagones y Bahía Blanca.

| Localidad | Capítulos / planta según diámetro de planta* | | | | Semillas / capítulo* |
|--------------|--|------------|------------|-------|----------------------|
| | 0 - 20 cm | 20 - 40 cm | 40 - 60 cm | Media | |
| Patagones | 186,6 A c | 423,0 A b | 667,0 A a | 408,6 | 24,5 A |
| Bahía Blanca | 82,4 B c | 153,9 B b | 372,3 B a | 219,8 | 22,6 B |
| Media | 134,5 | 263,1 | 545,0 | | |

* Medias seguidas por la misma letra mayúscula dentro de una misma columna y medias seguidas por una misma letra minúscula dentro de una misma fila, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$)

Producción de semillas por capítulos

No se registró interacción entre las variables localidad y tamaño de planta ($F=1,73$ $p=0,177$). Dado que no se hallaron diferencias entre los tamaños de planta ($F=1,99$ $p=0,137$) pero sí entre localidades ($F=19,36$ $p < 0,001$), los datos correspondientes a los distintos diámetros de plantas fueron clasificados dentro de cada localidad. Las plantas de la localidad de Patagones produjeron en promedio 24,5 semillas por capítulo, alcanzando una media de 1,85 semillas más por capítulo con respecto a las plantas de la localidad de Bahía Blanca (Tabla 3.1).

Estimación de la producción de semillas

Utilizando los valores medios obtenidos en las evaluaciones del número de capítulos por planta y número de semillas por capítulo se elaboró la Figura 3.3, a fin de lograr una estimación de la producción de semillas de *B. ulicina* de acuerdo al tamaño de planta y la localidad.

Según la estimación realizada con los datos obtenidos, una planta de 40-60 cm de diámetro que creció en Patagones produjo en promedio 11.758 semillas más que una de 0-20 cm de diámetro que creció en la misma localidad, lo que equivale a decir que una planta

grande produjo la misma cantidad de semillas que 3,6 plantas chicas. Las plantas de mayor diámetro en Bahía Blanca produjeron, según la estimación, un promedio de 6.562 semillas más que las plantas chicas. Es decir que 4,5 plantas chicas producirían igual cantidad de semillas que una planta grande.

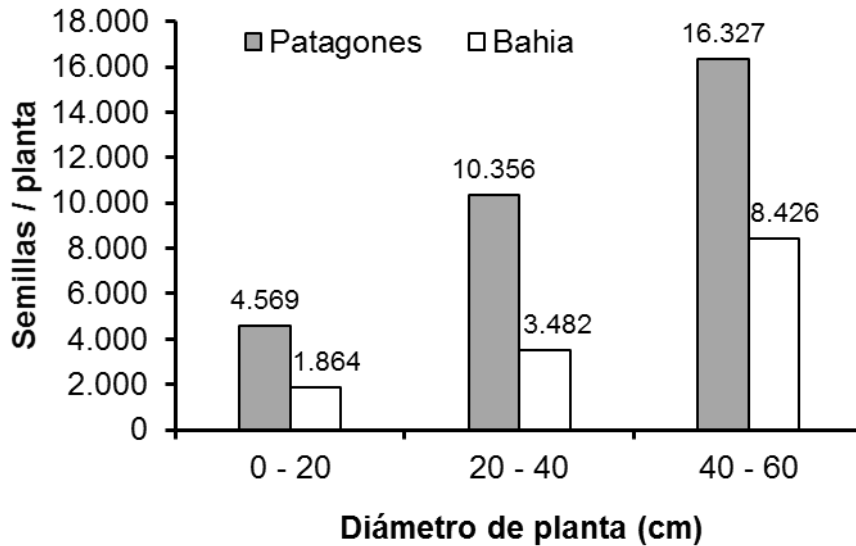


Figura 3.3. Estimación del número de semillas producidas por planta de *B. ulicina* (valor ubicado sobre las columnas), elaborado a partir de la información obtenida de muestreos en poblaciones naturales en marzo de 2012, de acuerdo al tamaño de planta y localidad.

El valor puntual máximo registrado en las plantas grandes que crecieron en Patagones fue de 1.274 capítulos por planta y 38 semillas por capítulo; mientras que, en aquellas que crecieron en Bahía Blanca estos valores fueron de 1.806 y 41, respectivamente. Utilizando estas cifras se puede calcular un valor máximo potencial de producción de semillas por planta, que llegaría a 44.590 en Patagones y 61.404 en Bahía Blanca.

3.3.2 Dinámica de la producción de capítulos durante el período reproductivo

Producción de capítulos por planta durante un ciclo reproductivo de *B. ulicina*.

En la Tabla 3.2 se presentan los datos de altura, número de ramificaciones y peso seco de la parte aérea de las plantas estudiadas al finalizar los ensayos. Con la información correspondiente al año 2014 se realizó una regresión entre la MS total de las plantas al final de la evaluación y el número de semillas producidas en cada localidad (Fig. 3.4). En las

figuras 3.5 y 3.6 se exponen los datos meteorológicos resumidos de las localidades de Gral. Cerri y Bahía Blanca en los períodos involucrados en el estudio.

Tabla 3.2. Altura, número de ramificaciones y peso seco aéreo de las plantas utilizadas de *B. ulicina*, durante el período reproductivo de 2013 en Bahía Blanca, y 2014 en Gral. Cerri y Bahía Blanca.

| Año | Localidad | Variable | Media | D.E. | Mín | Máx |
|------|--------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| 2013 | Bahía Blanca | Altura (cm) | 55,19 | 11,68 | 37,00 | 69,00 |
| | | Ramificaciones | 52,14 | 13,74 | 33,00 | 84,00 |
| | | MS Parte aerea (g) | 37,63 | 11,33 | 24,80 | 66,50 |
| 2014 | Gral. Cerri | Altura (cm) | 44,63 | 10,30 | 28,00 | 60,00 |
| | | Ramificaciones | 45,89 | 12,78 | 30,00 | 71,00 |
| | | MS Parte aerea (g) | 33,43 | 10,70 | 20,52 | 61,78 |
| | Bahía Blanca | Altura (cm) | 48,30 | 6,85 | 34,00 | 59,00 |
| | | Ramificaciones | 39,00 | 10,83 | 21,00 | 71,00 |
| | | MS Parte aerea (g) | 31,84 | 7,99 | 20,32 | 58,32 |

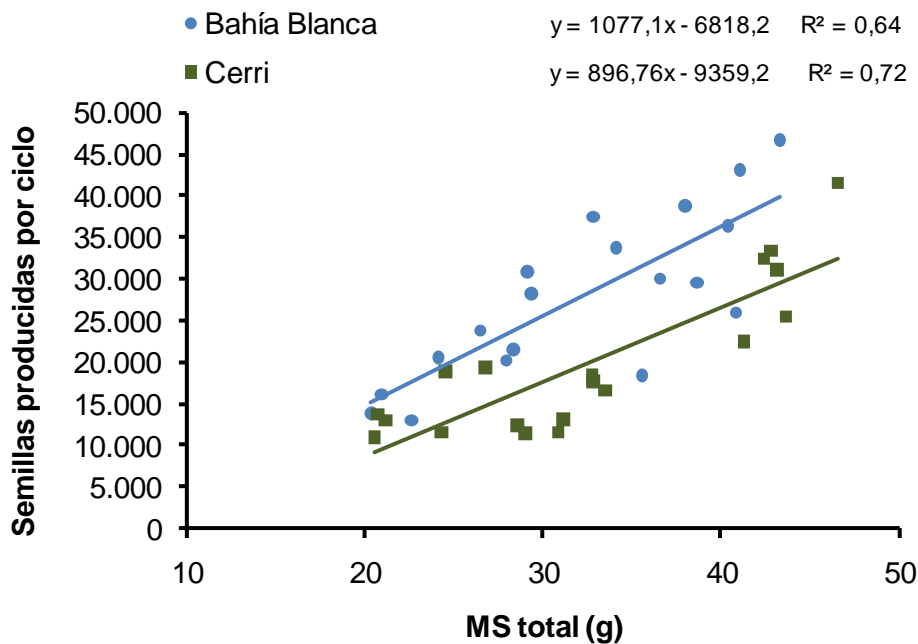


Figura 3.4. Estimación del número de semillas producidas por planta de *B. ulicina* de acuerdo a la MS total acumulada al final del ciclo reproductivo de 2014, en poblaciones naturales de las localidades de Gral. Cerri y Bahía Blanca.

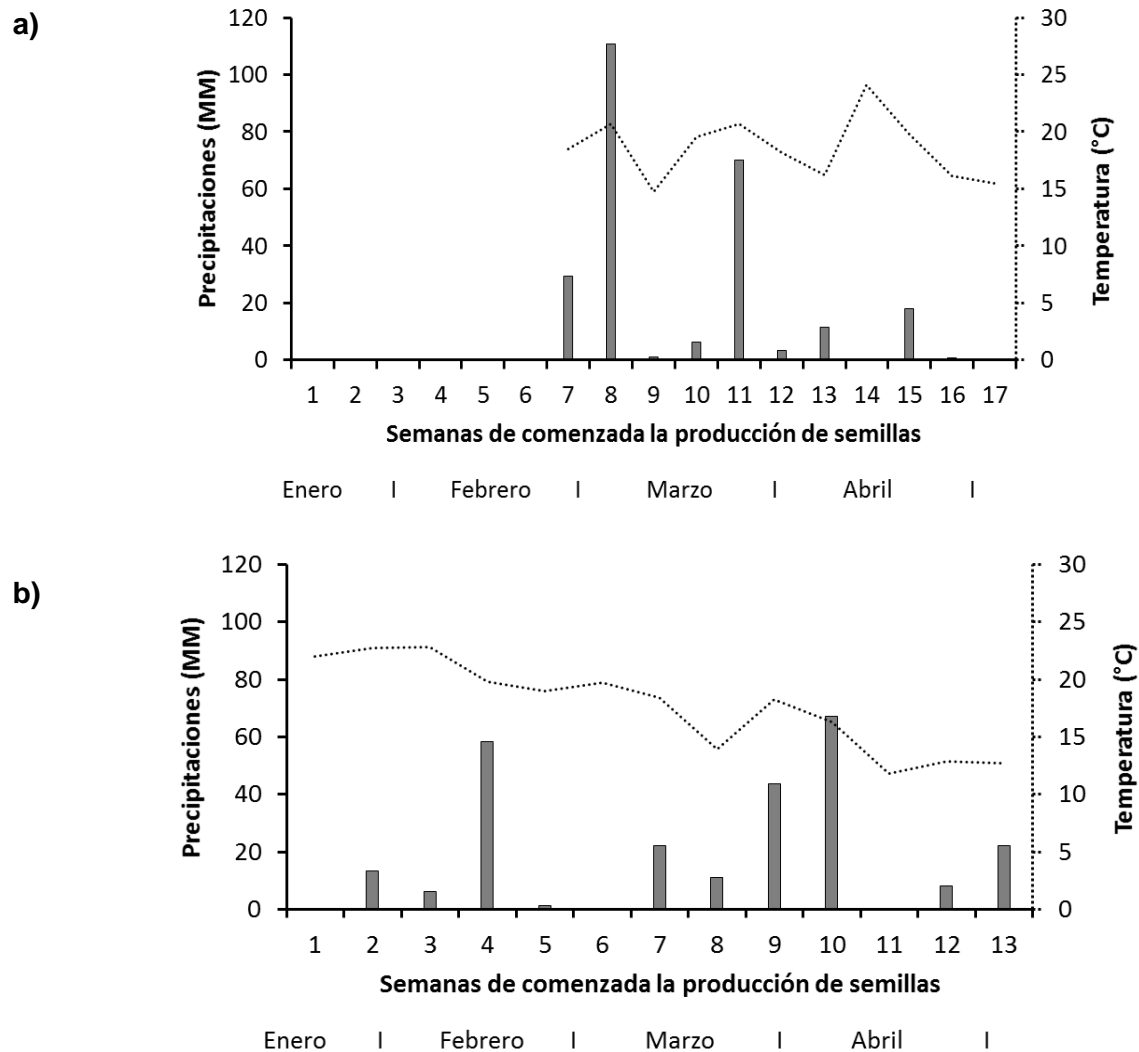


Figura 3.5. Datos meteorológicos de la localidad de Gral. Cerrí correspondientes al período de producción de semillas de *B. ulicina* de los años 2013 (a) y 2014 (b). Los valores de temperatura representan el promedio semanal de la temperatura media diaria; mientras que, las precipitaciones corresponden a las lluvias acumuladas en la semana.

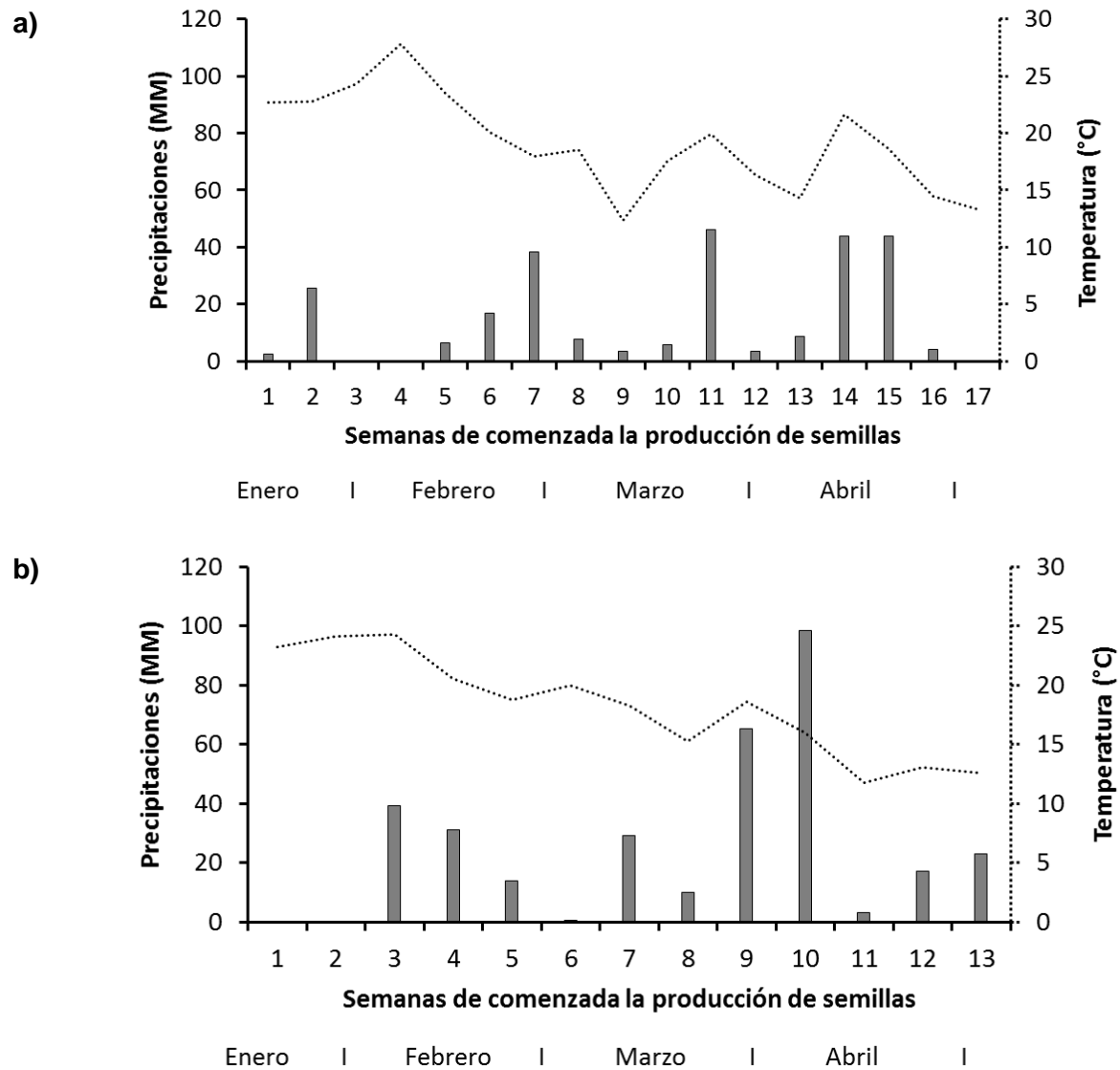


Figura 3.6. Datos meteorológicos de la localidad de Bahía Blanca correspondientes al período de producción de semillas de *B. ulicina* de los años 2013 (a) y 2014 (b). Los valores de temperatura representan el promedio semanal de la temperatura media diaria; mientras que, las precipitaciones corresponden a las lluvias acumuladas en la semana.

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) en las mediciones semanales de la producción de capítulos, en ambos años y ambas localidades (Fig. 3.7).

La duración del ciclo de producción de capítulos de *B. ulicina* fue de 17 semanas en el primer año (2013) y de 13 semanas en el segundo año (2014). Contrariamente, Sousa *et al.* (2014) determinaron períodos más cortos de fructificación, de uno a tres meses para *B. trimera* en la región de Minas Gerais, Brasil.

Durante el primer año de evaluación (2013) se registró una gran similitud en la dinámica de la producción de capítulos entre ambas localidades, observándose un pico donde se registraron los valores más elevados de todo el ciclo en ambas localidades sobre el comienzo del mismo (Fig. 3.7a y c). Este pico se determinó para las semanas dos, tres y cuatro en Gral. Cerri, donde la producción semanal de capítulos fue de 166,6; 189,4 y 167,3; respectivamente. En Bahía Blanca, la máxima producción de capítulos se dio en las semanas tres y cuatro, donde se registraron 222,3 y 271,1 capítulos (Fig. 3.7a y c). Posteriormente, alrededor de la semana 12 se observó en ambas localidades un ligero incremento en la producción de capítulos, aunque este no llegó a diferenciarse estadísticamente.

En las mediciones efectuadas en 2014 se observó una dinámica diferente, ya que la producción de capítulos estuvo más concentrada en un único pico muy acentuado. En el caso de la localidad de Gral. Cerri, la mayor producción de capítulos se dio entre la séptima y novena semana, con valores de 394 y 408 capítulos, respectivamente. En tanto que en Bahía Blanca, el pico de producción de capítulos se concentró únicamente en la séptima semana, donde se registró la cifra de 739 capítulos (Fig. 3.7b y d).

Similarmente, se ha reportado una duración de poco menos de cuatro meses de período de producción de semillas del arbusto *Baccharis dracunculifolia* en el sudeste de Brasil, logrando su pico máximo entre fines del segundo y el tercer mes (Espírito Santo *et al.*, 2003).

En cuanto a la producción acumulada de capítulos en 2013, se observó una gran influencia del pico de producción temprano en ambas localidades. La producción acumulada

de capítulos de la sexta semana en Gral. Cerri correspondió al 63% del total acumulado en todo el ciclo. En Bahía Blanca, para la misma semana, la producción acumulada de capítulos representó el 74% del total acumulado. La media final de capítulos por planta fue de 1169 y 1074, para Gral. Cerri y Bahía Blanca, respectivamente (Fig. 3.8a y c).

La producción acumulada de capítulos en 2014 evidenció una forma “sigmoidea” en ambas localidades. Es decir, se dio un crecimiento en el número de capítulos acumulados muy lento hasta la semana cinco, y luego en crecimiento abrupto acompañando el pico de producción de capítulos hasta la semana siete. Para la semana cinco las plantas de Gral. Cerri acumulaban una media de 37 capítulos (4% del total final), y sólo cuatro semanas después la producción acumulada de capítulos ascendió a 839 (93% del total final). En Bahía Blanca, la producción acumulada de capítulos de la semana cinco fue de 166 (13 % del total final), e incrementó hasta 1.243 capítulos (95%) en la semana nueve. La producción acumulada final de capítulos fue de 904 en Gral. Cerri y 1308 en Bahía Blanca (Fig. 3.8b y d).

Con respecto a la información de Bahía Blanca para el año 2013, el pico de producción de capítulos ocurrió entre las semanas tres y cuatro. De manera coincidente a lo previsto en la formulación de las hipótesis, estas dos semanas son las únicos dos en las que no se registraron precipitaciones en todo el ciclo de producción de semillas (Fig. 3.6a y Fig. 3.7c).

Estos resultados, donde la máxima producción de capítulos ocurrió en ausencia de precipitaciones coincidieron con los determinados por Macedo (1995). Dicho autor registró la fructificación del subarbusto *Baccharis trimera* en el estado brasileiro de Minas Gerais durante los meses de agosto y septiembre, cuando el clima es seco y contribuye a la dispersión de los frutos anemocóricos de la especie. Sousa *et al.* (2014) también reportaron para *Baccharis trimera*, una relación de la fase reproductiva con la época seca, para la misma zona.

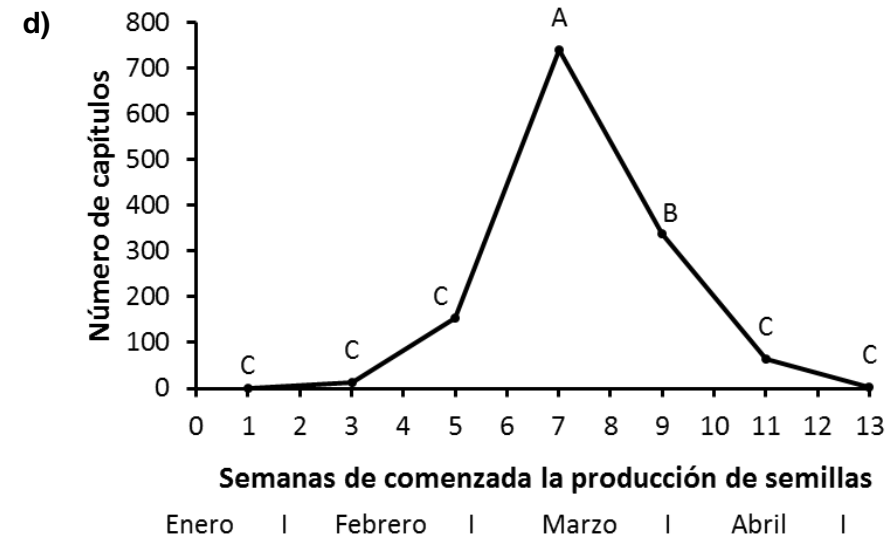
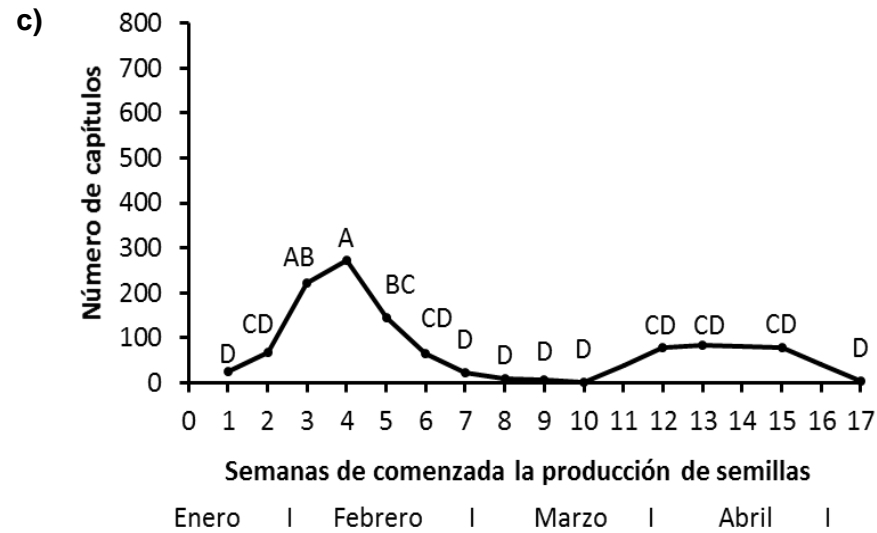
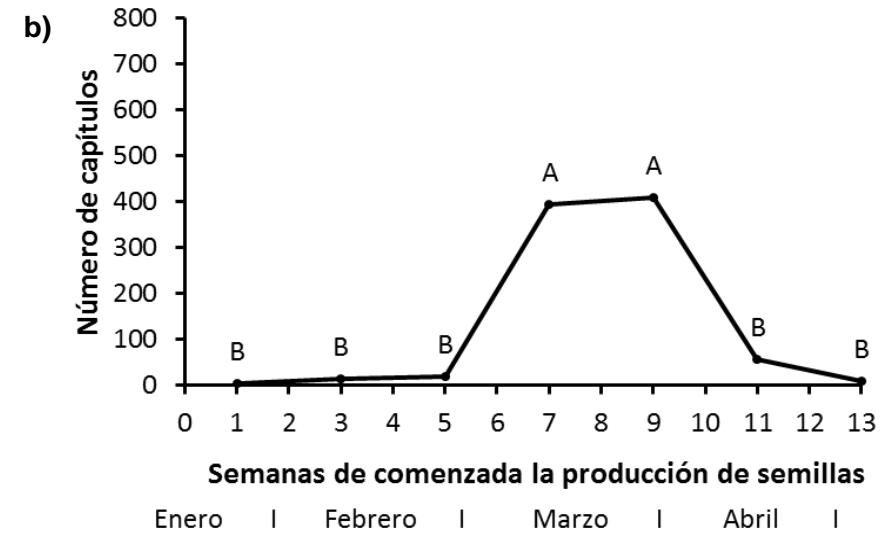
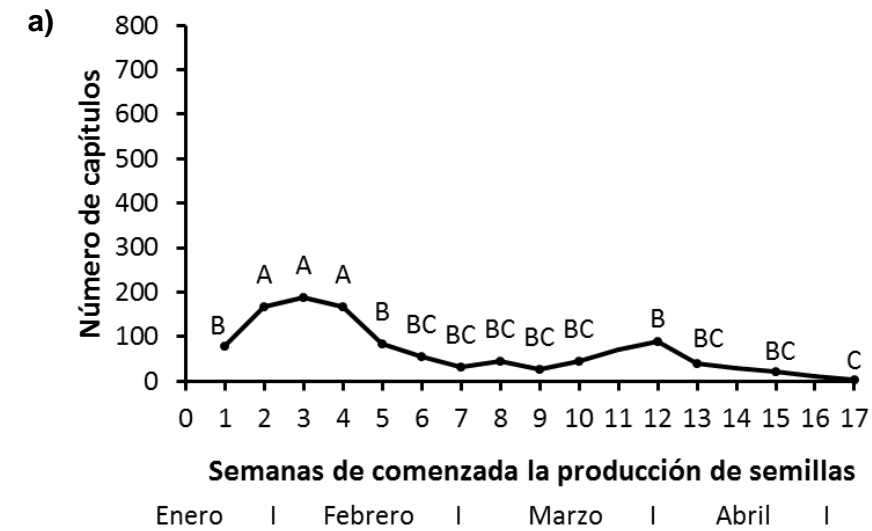


Figura 3.7. Producción semanal de capítulos por parte de plantas medianas de *B. ulicina* en poblaciones naturales de las localidades de Gral. Cerri (a y b) y Bahía Blanca (c y d) durante los ciclos reproductivos de los años 2013 (a y c) y 2014 (b y d). Datos de producción de capítulos acompañados por una misma letra, dentro de cada gráfico, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

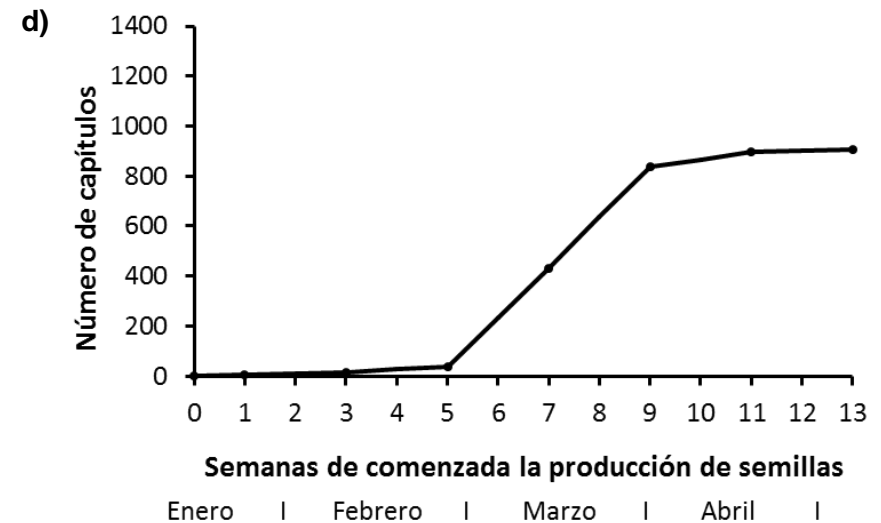
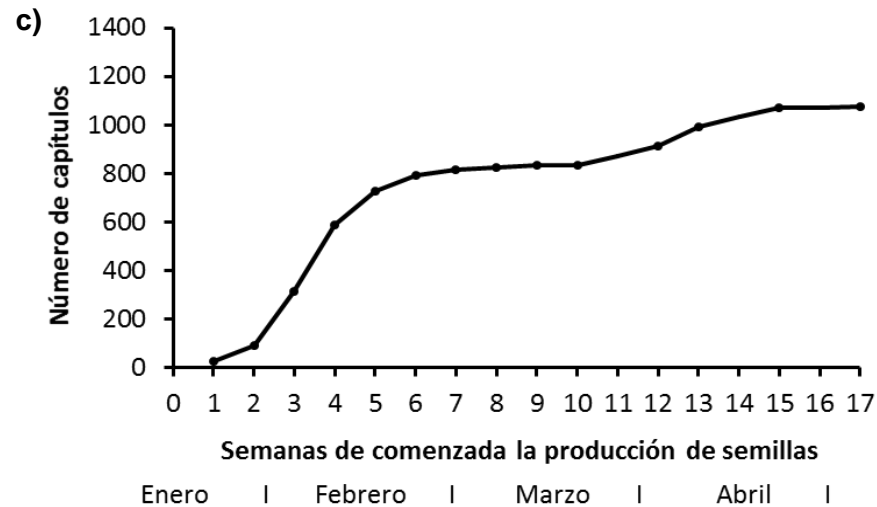
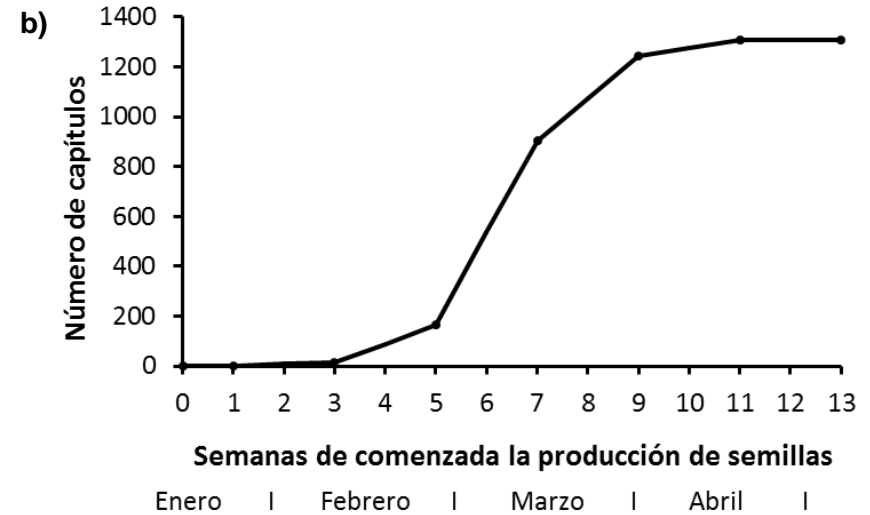
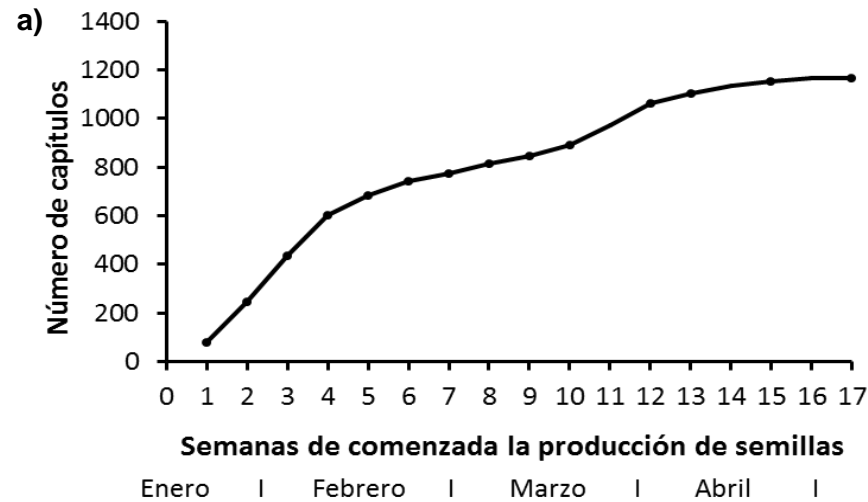


Figura 3.8. Producción acumulada de capítulos por parte de plantas medianas de *B. ulicina* en poblaciones naturales de las localidades de Gral. Cerri (a y b) y Bahía Blanca (c y d) durante los ciclos reproductivos de los años 2013 (a y c) y 2014 (b y d). Datos de producción de capítulos acompañados por una misma letra, dentro de cada gráfico, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Asimismo, existen registros en el ambiente costero de California Central de la dispersión de semillas del arbusto *Baccharis pilularis* subsp. *consanguinea* (DC) C. B. Wolf desde octubre a enero, intervalo donde recién suelen ocurrir las primeras lluvias de la temporada (Da Silva y Bartolomé, 1984).

Durante el año 2014, la máxima producción de capítulos en Gral. Cerri ocurrió entre las semanas siete y nueve, donde a diferencia de lo observado anteriormente, sucedieron precipitaciones por un total de 77 mm. (Fig. 3.5b y Fig. 3.7b). De manera coincidente, para ese mismo año en Bahía Blanca se determinó el máximo valor de producción de capítulos en la semana siete, en la cual se registraron 29 mm de lluvias (Fig. 3.6b y Fig. 3.7d). Sin embargo, debe destacarse que en ambas localidades no se registraron precipitaciones en la semana previa al comienzo de los picos de producción de semilla (semana seis para ambas localidades) (Fig. 3.5b, Fig. 3.6b y Fig. 3.7b y d).

Si bien se observó una relación entre la mayor producción de capítulos y períodos secos, en base a los resultados obtenidos no fue posible establecer una relación precisa entre la producción de capítulos y las variables meteorológicas. Coincidentemente, Baker (1972) estableció que no existe una tendencia clara entre la producción de semillas de arbustos y las precipitaciones.

Germinación de las semillas durante el ciclo reproductivo de *B. ulicina*

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,0001$) tanto en la germinación como en el P_{1000} de las semillas producidas durante distintos muestreos del ciclo reproductivo de *B. ulicina* en ambas localidades. La variación de la germinación de semillas producidas a lo largo del período reproductivo evidenció como el ambiente en que se desarrolla una planta puede afectar a su descendencia (Stratton, 1989; Wulff *et al.*, 1999; Valencia-Díaz y Montana, 2005).

Los valores más altos de germinación en Gral. Cerri mostraron dos picos, uno de 61% en la semana dos, y otro de 74 y 61% en las semillas cosechadas en las semanas 10 y 13, respectivamente (Fig. 3.9a). En la semana ocho se encontró el valor más bajo de

germinación (22%). En cuanto al P_{1000} los valores máximos fueron de 0,33; 0,36 y 0,31 g en las semillas correspondientes a las semanas 10, 13 y 15, respectivamente (Fig. 3.9b). Los elevados valores de P_{1000} de las semanas 10 y 13 se correspondieron con dos de las cifras más altas de germinación.

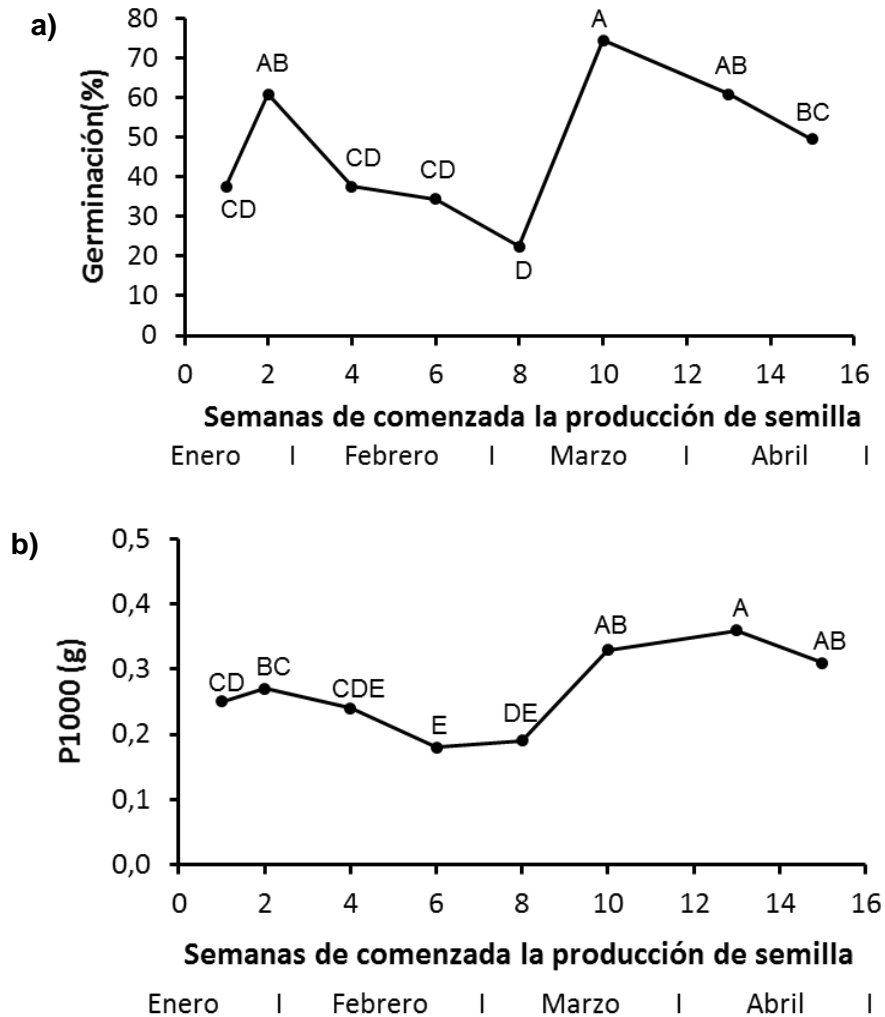


Figura 3.9. Germinación (a) y P_{1000} (b) de semillas tomadas de plantas medianas de *B. ulicina* durante el ciclo reproductivo de 2013 en una población natural de la localidad de Gral. Cerri.

Datos acompañados por una misma letra, dentro de cada gráfico, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

En las semillas cosechadas en Bahía Blanca ambos picos de germinación tomaron valores muy similares, destacándose los valores correspondientes a las semanas 2, 4, 13 y 15 con 57, 52, 66 y 50%, respectivamente. Al igual que en Gral. Cerri el valor más bajo de germinación se halló en las semillas cosechadas en la semana ocho, con sólo 2% (Fig.

3.10a). También en consonancia con la localidad de Gral. Cerri, los valores de P_{1000} máximos se dieron en las semanas 13 y 15 con 0,41 y 0,38 g, respectivamente (Fig. 3.10b).

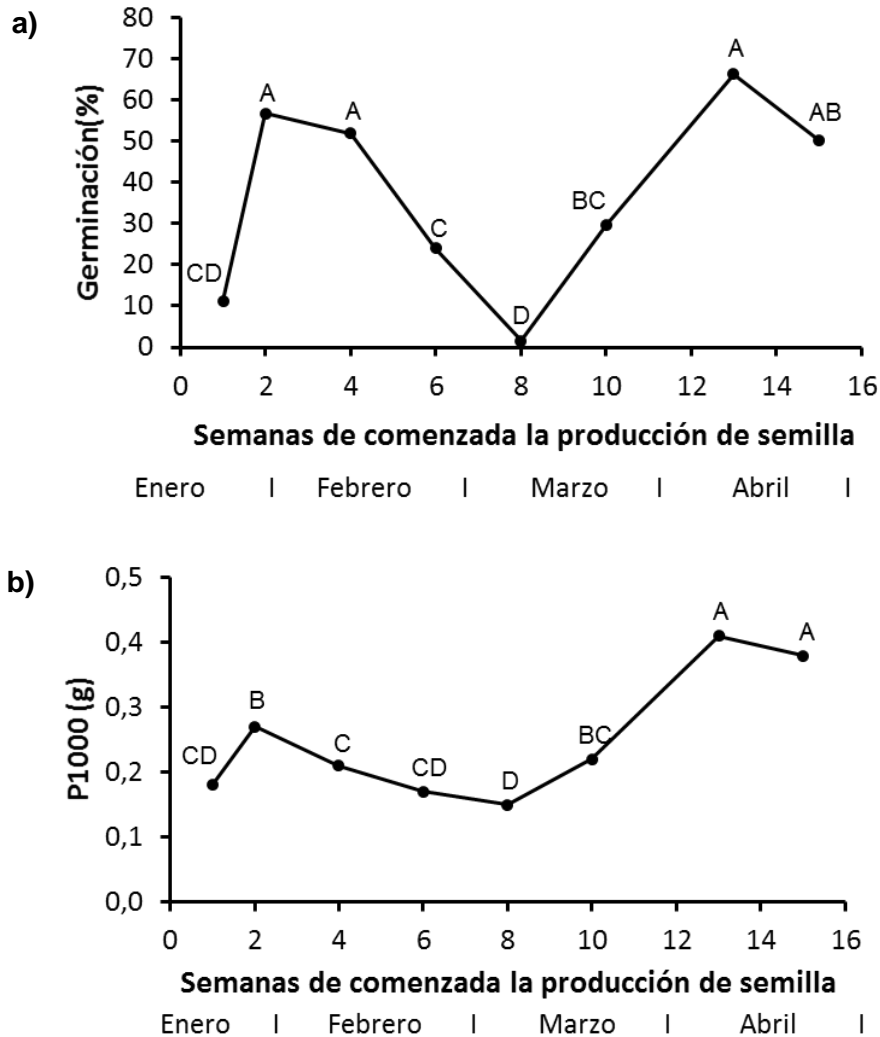


Figura 3.10. Germinación (a) y P_{1000} (b) de semillas tomadas de plantas medianas de *B. ulicina* durante el ciclo reproductivo 2013 en una población natural de la localidad de Bahía Blanca.

Datos acompañados por una misma letra, dentro de cada gráfico, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Los valores de germinación registrados son inferiores a los hallados por Gilberti (2012), quien en un ensayo de germinación de *Baccharis dracunculifolia* bajo idénticas condiciones controladas (20°C y fotoperíodo de 12 horas) reportó un 93% de germinación. Sin embargo, Clappitt (1987) registró para *Aster curtus* un valor de 54% bajo condiciones óptimas de germinación, el cual no es inusual para la familia Asteraceae (Greene y Curtis, 1950).

Existen datos acerca del número medio de semillas de otras especies del género *Baccharis* que se necesitan para alcanzar 1 kg, información a partir de la cual se puede calcular el P_{1000} aproximado de: *Baccharis angustifolia* ($P_{1000} = 0,20$ g), *Baccharis halimifolia* ($P_{1000} = 0,10$ g), *Baccharis pilularis* ($P_{1000} = 0,12$ g), *Baccharis salicifolia* ($P_{1000} = 0,09$ g) (Mirov y Kraebel, 1939; McBride, 1964; Olson, 1974; Panetta, 1979; Da Silva y Bartolomé, 1984). En el presente estudio se registraron valores de P_{1000} para *B. ulicina* muy superiores a los hallados para otras especies del género, llegando incluso a duplicarlos o triplicarlos.

La distribución de los valores de germinación y P_{1000} de *B. ulicina* mostraron gran similitud entre sí en ambas localidades. En todos los casos se observaron dos picos máximos alrededor de las semanas 2 y 13, con valores mínimos en la semana ocho después de comenzada la producción de semillas.

Como se mencionó anteriormente, la producción de capítulos tuvo sus valores máximos entre las semanas tres y cuatro y luego se registró un segundo incremento de menor magnitud alrededor de la semana 12. Los valores más elevados de germinación registrados en ambas localidades coincidieron con el comienzo de estos dos momentos donde la producción de semillas tiende a incrementarse. Similarmente, los valores mínimos de germinación coincidieron en ambas localidades con valores mínimos de la producción de semillas. A partir de la observación de los datos meteorológicos (precipitaciones, temperaturas máximas, etc.) no fue posible establecer una causa precisa en relación a dichos valores mínimos.

3.3.3 Emergencia de plántulas

Dado que del análisis de ANOVA efectuado surgió una triple interacción entre la localidad, el año y el mes muestreado, se procedió a separar las medias para cada año y localidad (Fig. 3.11 y 3.12). Se hallaron diferencias significativas en la emergencia ocurrida en los distintos meses del año en ambos años de estudio, tanto en las localidades de Bahía Blanca ($f=17,9$ $p<0,0001$ para 2013 y $f=26,36$ $p<0,0001$ para 2014) como de Napostá ($f=26,28$ $p<0,0001$ para 2013 y $f=13,04$ $p<0,0001$ para 2014). Los resultados se expresaron como porcentaje de emergencia, considerando:

$$\text{Emergencia (\%)} = \frac{\text{Plántulas emergidas}}{\text{Semillas colocadas inicialmente (1000)}} \times 100$$

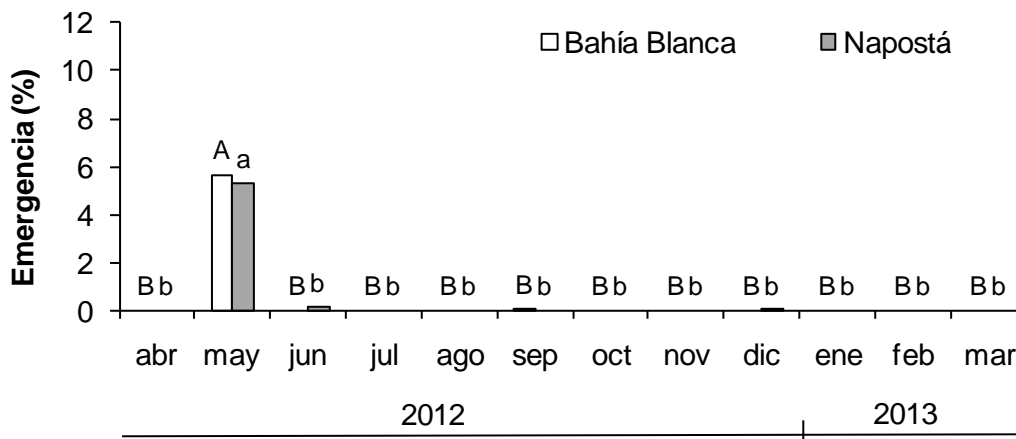


Figura 3.11. Emergencia de plántulas de *B. ulicina* durante el año posterior a la producción de las semillas en condiciones de campo de las localidades de Bahía Blanca y Napostá (abril de 2012 a marzo de 2013).

Emergencias acompañadas de letras iguales en mayúscula no difieren para la localidad de Bahía Blanca, y emergencias acompañadas de letras iguales en minúscula no difieren para la localidad de Napostá según Tukey ($p<0,05$).

Durante el primer año de evaluación se registró en ambas localidades un único pico de emergencia en mayo, con 5,65 y 5,28% de plántulas emergidas en Bahía Blanca y Napostá, respectivamente. Durante el resto del año, sólo se registraron esporádicamente emergencias despreciables ($<0,15\%$) (Fig. 3.11).

En el transcurso del segundo año se observó una dinámica de emergencia similar a la determinada para el primer año. El pico de máxima emergencia se adelantó al mes de abril en ambos sitios, donde se registró 11,2 % en Bahía Blanca y 5,5% en Napostá. En Bahía Blanca se distinguió un valor intermedio de 4,9% en el mes de mayo, seguido por una emergencia nula durante el resto del año, al igual que en Napostá (Fig. 3.12).

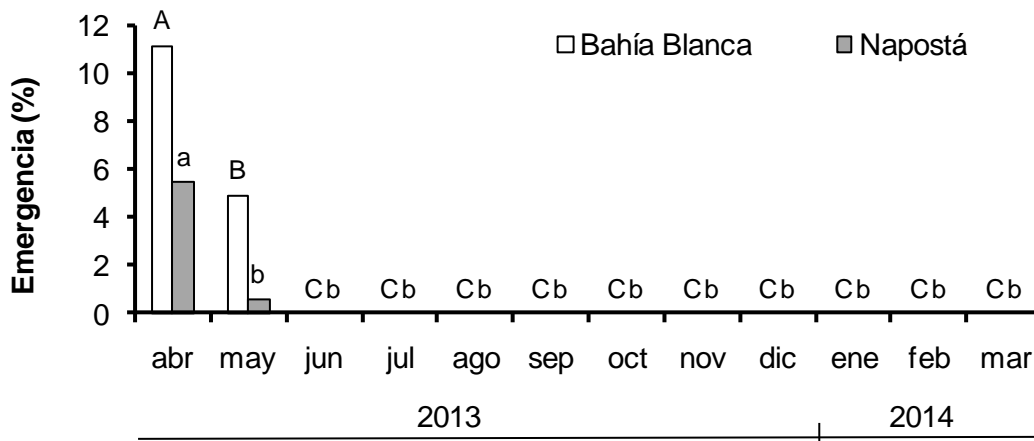


Figura 3.12. Emergencia de plántulas de *B. ulicina* durante el año posterior a la producción de las semillas en condiciones de campo de las localidades de Bahía Blanca y Napostá (abril de 2013 a marzo de 2014).

Emergencias acompañadas de letras iguales en mayúscula no difieren para la localidad de Bahía Blanca, y emergencias acompañadas de letras iguales en minúscula no difieren para la localidad de Napostá según Tukey ($p < 0,05$).

De la observación del patrón de emergencia de las plántulas de *B. ulicina* resulta evidente que los picos de emergencia respondieron a la ocurrencia de las primeras lluvias luego de que se depositaron las semillas en el suelo (ver apéndices 2.1.1 y 2.1.2). Teniendo en cuenta que en estudios propios, las semillas de *B. ulicina* no evidenciaron grado de dormición alguno, fue posible inferir que las semillas viables colocadas en las parcelas germinaron apenas encontraron las condiciones adecuadas (Tucat *et al.*, 2013b). La fracción de semillas que logró germinar y emerger fue registrada; mientras que, para las semillas restantes no es posible establecer si permanecieron en el banco de semillas o se habrían perdido por diversas causas como predación o transporte. Ante la posibilidad de permanencia en el banco del suelo, y considerando que la emergencia podría reanudarse en el ciclo anual posterior, se continuó la evaluación durante el segundo año desde que se

depositaron las semillas en el suelo, confirmándose la ausencia total de dicho proceso en todos los casos. Los resultados obtenidos brindan una precisa aproximación de la dinámica de emergencia de *B. ulicina* en condiciones naturales, aún cuando no se hayan contemplado las variables que influyeron en las pérdidas de las semillas no emergidas.

Existen registros similares del arbusto *Baccharis pilularis* que evidencian un pico de emergencia luego de las primeras lluvias de otoño en la costa de California (Da Silva y Bartolomé, 1984). Similarmente, Sousa *et al.* (2014) reportaron las mayores emergencias de *B. trimera* en los meses de mayor precipitación en el estado de Minas Gerais, Brasil.

3.4 Conclusiones

En la evaluación de la producción de semillas de plantas de *B. ulicina* de diferentes tamaños (hasta 60 cm de diámetro), se encontró una gran variación en el número medio de capítulos producidos (82-667); mientras que, el número medio de semillas por capítulo es muy estable (22,6-24,5).

La producción de capítulos de plantas de igual tamaño demostró diferencias entre las dos localidades incluidas en el estudio, con una diferencia promedio de 190 capítulos en favor de aquellas crecidas en Patagones. Esta información constituye un importante indicio a la hora de interpretar la mayor propagación de *B. ulicina* en dicha localidad.

Se confirmó la hipótesis de estudio que la cantidad de capítulos por planta generados por *B. ulicina* presenta variaciones durante el transcurso del período reproductivo. No fue posible afirmar completamente la previsión realizada acerca de que la producción de capítulos de *B. ulicina* tiene su valor máximo de manera previa a las precipitaciones de otoño, pero si se registraron indicios de que el mismo ocurriría en momentos relacionados a la ausencia de precipitaciones.

El ciclo de producción de capítulos de *B. ulicina* tuvo una duración de 17 semanas en 2013 y de 13 semanas en 2014. Durante el primer año de evaluación se registró un pico máximo de producción de capítulos a principios de febrero; mientras que, en el segundo año la mayor producción de capítulos se concentró marcadamente en el mes de marzo.

La cantidad media de capítulos por planta durante todo el ciclo reproductivo varió entre 904 y 1.308, dependiendo de la localidad y el año.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se aceptó la hipótesis que la germinación de *B. ulicina* no es uniforme para semillas provenientes de distintos momentos del período reproductivo. Asimismo, se cumplió la previsión acerca de la relación entre la germinación de las semillas y el peso de las mismas.

La germinación y P_{1000} mostraron una gran relación entre sí en ambas localidades. Los valores máximos de germinación (entre 66 y 74%) se observaron en correspondencia

con momentos en que la producción de semillas comenzaba a incrementar, al igual que los valores mínimos de germinación sucedieron coincidentemente con valores mínimos en la producción de semillas.

Se aceptó la hipótesis que la emergencia de plántulas de *B. ulicina* no es uniforme durante el transcurso del ciclo anual. No se cumplió la previsión acerca de que este proceso se daría en forma fraccionada con sus valores máximos luego de los picos de lluvias de otoño y primavera. En ambos años estudiados se registró una dinámica similar, donde la emergencia sucedió en forma concentrada luego de las precipitaciones de otoño con picos entre 6 y 11% en abril y mayo. Luego de este período, no se observó emergencia de plántulas durante el resto del año, ni en el año posterior.

Capítulo IV –

**“Condiciones ambientales que afectan la
germinación de *Baccharis ulicina*”**

4.1 Introducción

La germinación es una de las etapas más críticas en el establecimiento de las malezas (Zhou *et al.*, 2005). Asegurar el éxito de la germinación de las semillas es esencial, tanto para el establecimiento de una especie en un nuevo sitio como para la consolidación de su presencia en el área de dispersión actual (Almansouri *et al.*, 2001; Ross y Lembi, 2008). Las condiciones óptimas necesarias para la germinación varían considerablemente dependiendo de la especie (Egley y Duke, 1985).

La germinación es el resultado de una serie de interacciones complejas entre numerosos factores internos (genotipo, edad) y externos (ambiente) (Bewley y Black 1994; Acosta *et al.*, 2013). Entre los últimos, es ampliamente conocida la incidencia de la temperatura, la luz, el potencial osmótico, la salinidad, el pH y la profundidad de entierro sobre la germinación de semillas de malezas (Baskin y Baskin, 1998; Chachalis y Reddy, 2000; Koger *et al.*, 2004; Nakamura y Hossain, 2009).

La temperatura es considerada la señal ambiental más importante en la regulación de la germinación (Roberts, 1988). Es un factor decisivo ya que influye sobre diversos procesos enzimáticos que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que tienen lugar luego de la hidratación de la semilla, y que dan comienzo a la germinación. La relación entre la temperatura y dichos procesos es característica para cada especie (Norsworthy y Oliveira, 2006; Wilson *et al.*, 1985). En este sentido, las fluctuaciones de temperatura pueden influir de manera diferente sobre la germinación que las temperaturas constantes. Algunas especies se ven favorecidas especialmente con la alternancia de temperaturas entre el día y la noche durante las etapas de germinación (Chauhan y Johnson, 2008).

La luz es importante en la inducción de la germinación de muchas especies de malezas (Toole, 1973; Copeland y McDonald, 1995). Además, permite optimizar las reacciones fotosintéticas y regular el crecimiento y desarrollo de las malezas (Chory 1997). Las plantas han desarrollado diversos sistemas de foto-receptores que le permiten detectar la intensidad, calidad y duración de la luz para ajustar su ciclo de vida a las fluctuantes

condiciones ambientales (Kendrick y Kronenberg, 1994). El foto-receptor más estudiado en plantas es el fitocromo, el cual cuenta con la capacidad de interconvertirse reversiblemente entre dos formas espectral y bioquímicamente diferentes (Sage, 1992; Quail *et al.*, 1995).

La cantidad de agua disponible en el suelo es otro factor clave, ya que, el estrés hídrico puede demorar, reducir o incluso evitar la germinación de una semilla (Turk *et al.*, 2004). Las semillas son liberadas por sus plantas madres con bajos contenidos hídricos, en estado de latencia, y para poder reactivar su metabolismo es necesaria la rehidratación de sus tejidos. El proceso de imbibición (absorción de agua) por parte de las semillas se produce gracias a la diferencia de potencial hídrico con respecto al medio (Nassif y Pérez, 1997).

El estrés hídrico y el salino se consideran frecuentemente como factores ambientales superpuestos, ya que una elevada concentración salina genera una importante disminución en el potencial hídrico de la planta (Casierra-Posada y Rodríguez, 2006). La intrincada relación entre ambos factores ha sido demostrada en un análisis *microarray* de *Arabidopsis thaliana*, donde 141 de los 194 genes activados por estrés salino, también fueron activados por estrés hídrico (Seki *et al.* 2002). Algunos factores ambientales pueden tener efectos solapados, de manera que la tolerancia a uno de ellos confiere también tolerancia a un segundo factor (Cullium *et al.*, 2001). Consecuentemente, aquellas plantas que son altamente tolerantes a la sequía, son muy a menudo también tolerantes a la salinidad (Beaton y Dudley, 2013). Sin embargo, altos niveles de salinidad también exponen a la planta a altos niveles de sodio y de iones cloruro, los cuales tienen efectos nocivos directos (Hester *et al.*, 1996). Entre otros efectos perjudiciales, el sodio tiene un efecto antagonista en la absorción de calcio y potasio (Epstein, 1998). La tolerancia a la salinidad exhibe una considerable variabilidad entre especies (Glenn *et al.*, 1999).

El pH del suelo incide sobre el desarrollo de la germinación afectando la disponibilidad de nutrientes, la solubilidad de elementos tóxicos y la microflora del suelo (Adams, 1984).

La profundidad de entierro en el suelo a la que una semilla es capaz de germinar es un factor de alta incidencia en la emergencia de muchas malezas. Con la profundidad de suelo

varía principalmente la disponibilidad de agua, la amplitud térmica diaria y la exposición a la luz (Shaw *et al.*, 1991; Benvenuti *et al.*, 2001; Koger *et al.*, 2004).

Pese a su acentuada importancia, actualmente no se cuenta con información que permita describir la incidencia de los factores ambientales sobre la germinación de *B. ulicina*. Un mayor conocimiento de la influencia del ambiente sobre dicho proceso, permitirá contar con una herramienta indispensable para poder predecir aumentos en la dispersión de *B. ulicina*, como así también de los picos de germinación dentro de la zona de estudio. Adicionalmente, este tipo de información es de vital importancia para confeccionar futuros planes de manejo exitosos (Ebrahimi y Eslami, 2012).

4.1.1 Hipótesis

a. *Baccharis ulicina* tiene la capacidad de:

- a1. germinar en un amplio rango de temperaturas ($> 25^{\circ}\text{C}$).
- a2. germinar de manera dependiente a la alternancia de temperaturas
- a3. germinar de manera dependiente del fotoperíodo.
- a4. germinar en valores de presión osmótica $\geq -0,8$ MPa.
- a5. germinar en valores de concentración salina ≤ 160 mM NaCl.
- a6. germinar de manera uniforme dentro del rango de pH ubicado entre 4 y 10.
- a7. generar plántulas a partir de semillas enterradas hasta 3 cm de profundidad en el suelo.

Sustento de la hipótesis

La extensa distribución de *B. ulicina* abarca una variedad muy amplia de ambientes que incluyen pastizales naturales desde el norte de Bolivia hasta la Patagonia argentina (Cabrera, 1976; Fernández Casas y Susanna, 1987; Müller 2006). La diversidad de los entornos sobre los que se desarrolla la especie denota su capacidad para germinar bajo un amplio rango de condiciones ambientales.

La respuesta de la germinación a la temperatura es variable entre diferentes especies (Egley y Duke, 1985). Por ejemplo, dentro de la familia Asteraceae, *Eclipta prostrata* es capaz de germinar dentro de un rango de temperaturas constantes localizado entre los 10 y 35°C (Chauhan y Johnson, 2008). En cuanto a la alternancia de temperaturas, *Silybum marianum* (Asteraceae) presenta germinaciones significativamente mayores bajo el tratamiento 25/15°C (78,3%), con respecto a 25/5°C (6,7%). La presencia de luz incide positivamente sobre la germinación de esta especie (Montemurro *et al.*, 2007).

Nandula *et al.* (2006) registraron la ocurrencia de la germinación de *Conyza canadensis* (Asteraceae) en valores de potencial osmótico de hasta -0,8 MPa y concentraciones salinas de hasta 160 nM NaCl. Existen antecedentes de especies pertenecientes al género *Baccharis* indicadas como tolerantes a la sequía y a la salinidad,

tales como *B. halimifolia*, *B. salicifolia* y *B. emoryi* (Dirr y Heuser, 1987; Kuti *et al.*, 1990; U.S. Department of the Interior, 2011; Paudel y Battaglia, 2013).

Con respecto al pH, Chauhan y Johnson (2009) reportaron para *Synedrella nodiflora* (Asteraceae), una germinación superior al 73% dentro del rango de pH 4 y 10.

Silybum marianum exhibe tasas de emergencia de aproximadamente 70% luego de que sus semillas sean colocadas a profundidades de entierro de 0 y 3 cm (Montemurro *et al.*, 2007).

Previsiones

1. Las semillas de *B. ulicina* germinarán en un amplio rango de temperaturas mayor a 25°C.
2. La germinación de *B. ulicina* será dependiente a la alternancia de temperaturas.
3. La germinación de *B. ulicina* será dependiente del fotoperíodo.
4. La germinación de *B. ulicina* ocurrirá a partir de valores de presión osmótica de -0,8 MPa.
5. La germinación de *B. ulicina* ocurrirá hasta valores de concentración salina de 160 mM NaCl.
6. La germinación de *B. ulicina* no disminuirá entre valores de pH 4 y 10.
7. Las plántulas de *B. ulicina* son capaces de emerger, aún cuando las semillas de las cuales se originan estén dispuestas a profundidades de suelo de hasta 3 cm.

4.1.2 Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto de las diferentes condiciones ambientales (temperatura, fotoperíodo, potencial osmótico, salinidad y pH) sobre el proceso de germinación, y la profundidad de entierro de las semillas sobre la emergencia de *B. ulicina*.

Objetivos específicos

- Establecer el rango de temperaturas de germinación de las semillas de *B. ulicina*.
- Determinar la influencia de la alternancia de temperaturas representativas de cada estación del año sobre la germinación de *B. ulicina*.
- Dilucidar la influencia del fotoperíodo en la germinación de *B. ulicina*.
- Establecer los valores límites de potencial osmótico y salinidad hasta los cuales se produce la germinación de *B. ulicina*.
- Determinar la máxima profundidad de entierro de las semillas de *B. ulicina* a la cual las plántulas consiguen emerger.

4.2 Materiales y Métodos

Para el presente estudio fueron utilizadas semillas maduras colectadas en zonas aledañas al Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS) - CONICET, CCT Bahía Blanca, Argentina (38°39'52,29"S; 62°13'55,53"O) en marzo del 2012. Se consideraron maduras aquellas semillas que provenían de capítulos abiertos y que caían tras un simple movimiento del tallo. Se tomaron semillas de más de 100 plantas, se mezclaron y se descartaron las semillas que a simple vista se advertían vanas o dañadas por insectos a fin de obtener una muestra homogénea. El P_{1000} semillas fue de $0,237 \pm 0,01g$. Las mismas fueron almacenadas a 5°C durante tres meses, momento en el que se realizó el experimento. Observaciones anteriores indicaban que no era necesario realizar ningún tipo de escarificación o tratamiento previo de la semilla, ya que se lograban germinaciones mayores al 95% con semillas recién cosechadas (Tucat *et al.*, 2013a). Previo a su utilización, las semillas fueron esterilizadas superficialmente sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 5 minutos (De Tempe y Binnerts, 1961).

Los factores ambientales evaluados fueron: temperatura (constante y alterna), fotoperíodo, potencial osmótico, salinidad, pH y profundidad de entierro. Para los cinco primeros factores ambientales estudiados, se utilizaron cinco repeticiones de 25 semillas en cada tratamiento. Las mismas fueron colocadas en cajas de Petri de 9 cm (unidad experimental) sobre papel de "tissue", selladas con un film plástico a fin de evitar la pérdida de humedad (Fig. 4.1a). Las cajas fueron inicialmente irrigadas con 5 ml de agua destilada o de la solución correspondiente a cada tratamiento con pipetas tipo Pasteur. Las cajas se colocaron durante un mes en cámaras de crecimiento, período en el cual se registró la germinación cada dos días, descartando en cada medición las semillas germinadas (Fig. 4.1b). Durante los 30 días de duración del experimento se corroboró periódicamente con termómetros de Hg que las temperaturas dentro de las cámaras coincidieran con las programadas $\pm 0,5^\circ C$. Se consideró semilla germinada aquella que tuviera la radícula sobresaliendo visiblemente a través de la cubierta. Se utilizó un tratamiento testigo, el cual

fue irrigado con agua destilada y se colocó, junto con las evaluaciones de potencial osmótico, pH y salinidad, en cámaras de crecimiento a 20°C y expuestas a un fotoperíodo de 12 h de luz. Estas condiciones fueron adoptadas luego de evaluaciones preliminares.

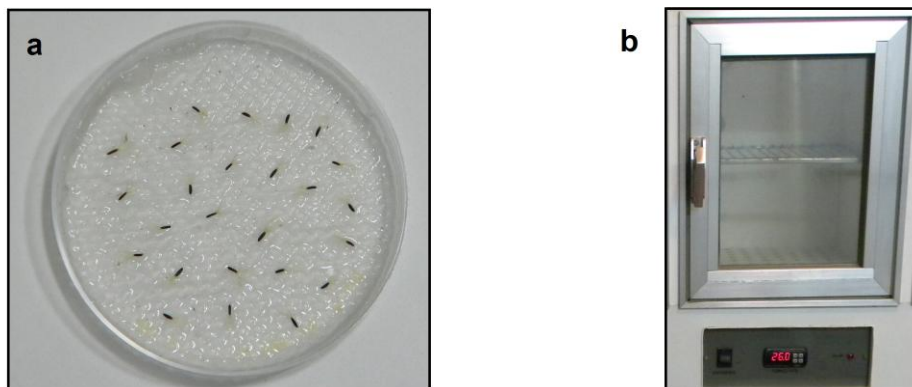


Figura 4.1. a- Unidad experimental: caja de Petri con 25 semillas de *B. ulicina*. b- Una de las cámaras de germinación con las que se realizó el estudio.

Efecto de las temperaturas constantes sobre la germinación

Fueron evaluadas 13 temperaturas constantes (8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 y 32°C) en cámaras de germinación, utilizando un fotoperíodo de 12 h. Estudios preliminares demostraron que la germinación era nula a 4 y 6°C, así como a 34 y 36°C (Tucat *et al.*, 2013a).

Temperaturas base mínima y máxima

Se calculó para cada repetición de los diferentes tratamientos de temperatura constante el Tiempo Medio de Germinación (TMG) utilizando la fórmula citada por Ellis y Roberts (1980):

$$TMG = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

donde t_i : tiempo desde iniciado el experimento hasta la observación i ; n_i : número de semillas germinadas en la observación i (no el número acumulado, sino el correspondiente a esa observación), y k : último observación en el que se registro germinación.

Con los resultados obtenidos en función a las temperaturas se ajustó una regresión polinómica de segundo grado ($y = 0,0254x^2 - 1,1106x + 14,129$; $R^2 = 0,86$) (Fig. 4.4a).

Seguidamente, por medio del cálculo de su derivada ($y = 0,0508x - 1,1106$), y tras igualar la misma a cero, se estableció la temperatura de inflexión a la cual se dieron los menores valores de TMG (21,86 °C). La inversa de los valores de TMG obtenidos en los tratamientos de temperaturas menores al punto de inflexión fueron utilizados en la determinación de la “temperatura base mínima” (Fig. 4.4b). Similarmente, la inversa de los valores de TMG obtenidos en los tratamientos de temperaturas mayores al punto de inflexión se utilizaron en la determinación de la “temperatura base máxima” (Fig. 4.4c). Para ello fueron ajustadas regresiones lineales que permitieron la obtención de la “temperatura base mínima” ($y = 0,1915x - 1,8834$) (Fig. 4.5b) y de la “temperatura base máxima” ($y = -0,2403x + 7,6341$) (Fig. 4.4c) por medio de la determinación de las intersecciones de sus proyecciones con el eje x ($y=0$).

Efecto de las temperaturas alternas sobre la germinación

Para la evaluación de temperaturas alternas se realizó una simulación de las diferentes estaciones del año en base al estudio de los datos climáticos de los últimos veinte años de la ciudad de Bahía Blanca. Para ello, se establecieron los siguientes tratamientos térmicos a razón de 12 horas cada temperatura: 30/20°C (verano), 20/10°C (otoño), 15/5°C (invierno) y 25/15°C (primavera). El fotoperíodo utilizado también fue de 12 h, haciendo coincidir las horas de luz con las horas de temperaturas más altas simulando las condiciones de día, y las horas de oscuridad con las temperaturas más bajas simulando las condiciones de noche.

Efecto del fotoperíodo sobre la germinación

Se evaluaron diferentes regímenes de horas de luz/oscuridad (0/24, 8/16, 12/12, 16/8 y 24/0), a temperatura constante (20°C). Se utilizaron lámparas fluorescentes que produjeron una densidad de flujo de fotones fotosintéticos de $300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Las cajas de Petri correspondientes al tratamiento 0/24 h de luz/oscuridad fueron envueltas en papel de aluminio, y su germinación sólo fue registrada a los 30 días. Su medición periódica no se

realizó ya que la recepción del mínimo estímulo lumínico hubiera alcanzado para alterar la condición de completa oscuridad (Taiz y Zeiger, 2010).

Efecto del potencial osmótico sobre la germinación

Con la finalidad de simular situaciones de estrés hídrico, fueron confeccionadas soluciones acuosas con potencial osmótico de -0,2, -0,4, -0,6, -0,8, -1, -1,2 y -1,4 MPa. Se prepararon disolviendo 93,6; 148,8; 192,2; 229,2; 262,0; 314,4 y 366,8 g de polietilenglicol 6000 por litro de agua destilada, respectivamente (Michel y Kaufmann, 1973; Zhou *et al.*, 2005). Dichas cantidades fueron precisamente medidas con una balanza analítica. Una vez realizadas las soluciones fueron homogeneizadas periódicamente durante tres días hasta su utilización.

Efecto de la salinidad sobre la germinación

Los valores de salinidad se alcanzaron utilizando soluciones con diferentes concentraciones de NaCl (10, 20, 40, 80, 160, 320, 640 mM), siendo las mismas verificadas a través de un conductímetro Hach CO150 modelo 50.150 con compensación automática de la temperatura. Una vez confeccionadas las soluciones fueron homogeneizadas periódicamente hasta su utilización.

Efecto del pH sobre la germinación

Para elaborar las soluciones de pH necesarias para el presente ensayo se adicionaron las cantidades pertinentes de HCl 0,5 M ó Na(OH) 1 N, según correspondiera, en agua destilada. Se utilizaron los siguientes tratamientos de pH: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12. Los valores de pH fueron corroborados mediante un equipo Hach EC10 modelo 50050 con compensación automática de la temperatura. El pH de las soluciones se controló en el momento previo a su utilización.

Efecto de la profundidad de entierro de la semilla sobre la emergencia

Se utilizaron recipientes plásticos de 180 cm³ perforados en el fondo, a los que se adicionó suelo franco-arenoso (64% arena, 15% limo y 21% arcilla) característico de la región, previo tamizado. El mismo se agregó hasta el nivel de profundidad del tratamiento correspondiente (Fig. 4.2a), luego se dispusieron 50 semillas de *B. ulicina* (Fig. 4.2b) y se completó con suelo hasta el nivel establecido como superficie (Fig. 4.2c). Se utilizaron los siguientes tratamientos de profundidad de entierro: 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3; 3,5 y 4,0 cm. Los recipientes permanecieron en condiciones de invernáculo (T= 20,5±5,2°C, HR= 28±15%) durante un mes. Cada dos días fueron irrigados y se registró el porcentaje de emergencia.

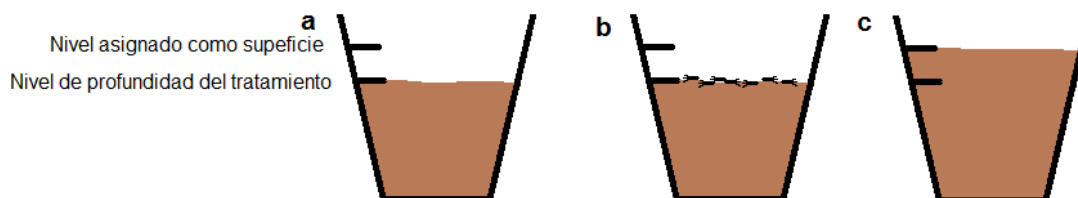


Figura 4.2. a.- Adición de suelo hasta el nivel de profundidad del tratamiento, b.- Agregado de semillas de *B. ulicina*, y c.- Completado de suelo hasta el nivel de superficie.

Con las mediciones realizadas sobre los factores ambientales temperatura (continua y alterna), fotoperíodo, potencial osmótico, salinidad y pH, se calculó:

- *Germinación (%)*

$$G = \frac{SG}{ST} \times 100$$

donde SG es el número de semillas germinadas en una unidad experimental al cabo de los 30 días, y ST es el número total de semillas colocadas por unidad experimental (25)

- *Coefficiente de Velocidad de Germinación (CVG) de Kotowski (1926)*

$$CVG = \frac{\sum_{i=1}^k f_i}{\sum_{i=1}^k f_i x_i}$$

donde f_i es el número de semillas germinadas durante el día de la medición i , x_i es el número de días desde que comenzó el estudio, y k es el último día de germinación. La máxima

velocidad (CVG=1) indica que todas las semillas germinaron en el primer día. En este caso, la primer medición fue realizada a los dos días de comenzado el experimento, por lo que el CVG máximo posible es 0,5.

Tanto el porcentaje de germinación, como el coeficiente de velocidad de germinación (CVG) se utilizan, de igual manera, para las evaluaciones de profundidad de entierro. Dado que para dicho factor ambiental lo que se registra es la emergencia, las mediciones se expresan como porcentaje de emergencia y coeficiente de velocidad de emergencia (CVE).

Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar con cinco repeticiones en todos los tratamientos. Con los datos obtenidos de germinación y coeficiente de velocidad de germinación en todos los factores evaluados se realizó un análisis de la varianza y la comparación de medias se realizó con el test de Tukey con $P < 0,05$ por medio del programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008). Los resultados originales no presentaban homogeneidad de varianza por lo que se evaluaron las transformaciones más usadas en este tipo de estudios (arcoseno de la raíz cuadrada, logaritmo, logaritmo de $X+1$). Ninguna de las transformaciones logró homogeneizar las varianzas, y debido a que el test utilizado es robusto a la falta de homocedasticidad, finalmente se realizó el análisis de los datos con los valores originales. Este mismo procedimiento fue llevado a cabo por numerosos autores en estudios similares (Koger *et al.*, 2004; Chachalis *et al.*, 2008; Chauhan *et al.*, 2006; Ebrahimi y Eslami, 2012).

Para evaluar el efecto del potencial osmótico y la salinidad sobre la germinación se ajustó un modelo funcional de tres parámetros a través de un análisis de regresión (Chauhan y Johnson, 2008):

$$G = G_{\max} / (1 + e^{-(x - x_{50})/G_{\text{pend}}})$$

donde G es el porcentaje germinación al potencial osmótico o concentración de NaCl X , G_{\max} es la germinación máxima (%), X_{50} es el potencial osmótico o concentración de NaCl al cual se inhibe el 50% de la germinación máxima, y G_{pend} indica la pendiente de la regresión.

Para el factor ambiental profundidad de entierro se utilizó el mismo modelo, sólo que al evaluar la emergencia en lugar de la germinación, se adoptó la siguiente variante:

$$E = E_{\max} / (1 + e^{-(x - x_{50})/E_{\text{pend}}})$$

donde E es el porcentaje de emergencia a la profundidad de entierro X, E_{\max} es la emergencia máxima (%), X_{50} es la profundidad de entierro al cual se inhibe el 50% de la emergencia máxima, y E_{pend} indica la pendiente de la regresión.

4.3 Resultados y discusión

Efecto de las temperaturas constantes sobre la germinación

Se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos de temperatura constante, tanto en la germinación ($F=133,23$ $p<0,0001$), como en el CVG ($F=50,79$ $p<0,0001$) (Fig. 4.3).

Los valores más elevados de germinación se registraron entre los 10 y 28°C, los cuales superaron el 85% en todos los casos, sin diferencias entre las temperaturas de ese rango. Para el tratamiento de 30°C se registró una germinación de sólo 28% (Fig. 4.4). El rango de CVG óptimo se encontró entre 18 y 28°C, con valores mínimos correspondientes a los 10, 12 y 30°C.

Westman *et al.* (1975) determinaron un rango óptimo de germinación para *Baccharis halimifolia* mucho más acotado, abarcando las temperaturas entre 15 y 20°C. *Baccharis angustifolia* germinó 21% a 15°C (Karrfalt y Olson, 2008).

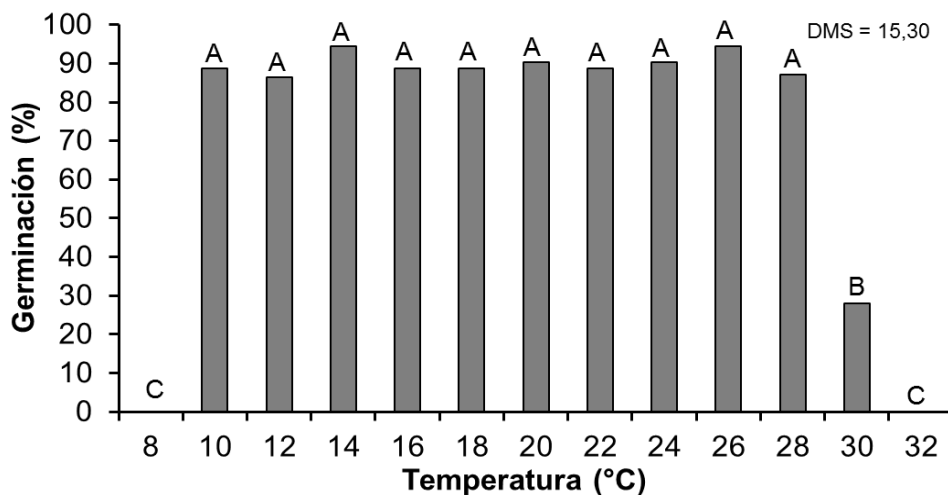


Figura 4.3. Porcentaje de germinación de semillas de *B. ulicina* a expuestas a temperaturas constantes. Barras con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según Tukey ($p<0,05$).

El tiempo medio de germinación registrado para los distintos tratamientos fluctuó entre los dos y los siete días (Fig. 4.4a). Otras especies del género también presentan germinación rápida, Yamashita *et al.* (2009) informaron un tiempo medio de germinación inferior a cinco días para *B. trimera*. Existen registros de distintas especies de *Baccharis* germinando entre los 7 y 15 días (Karrfalt y Olson, 2008).

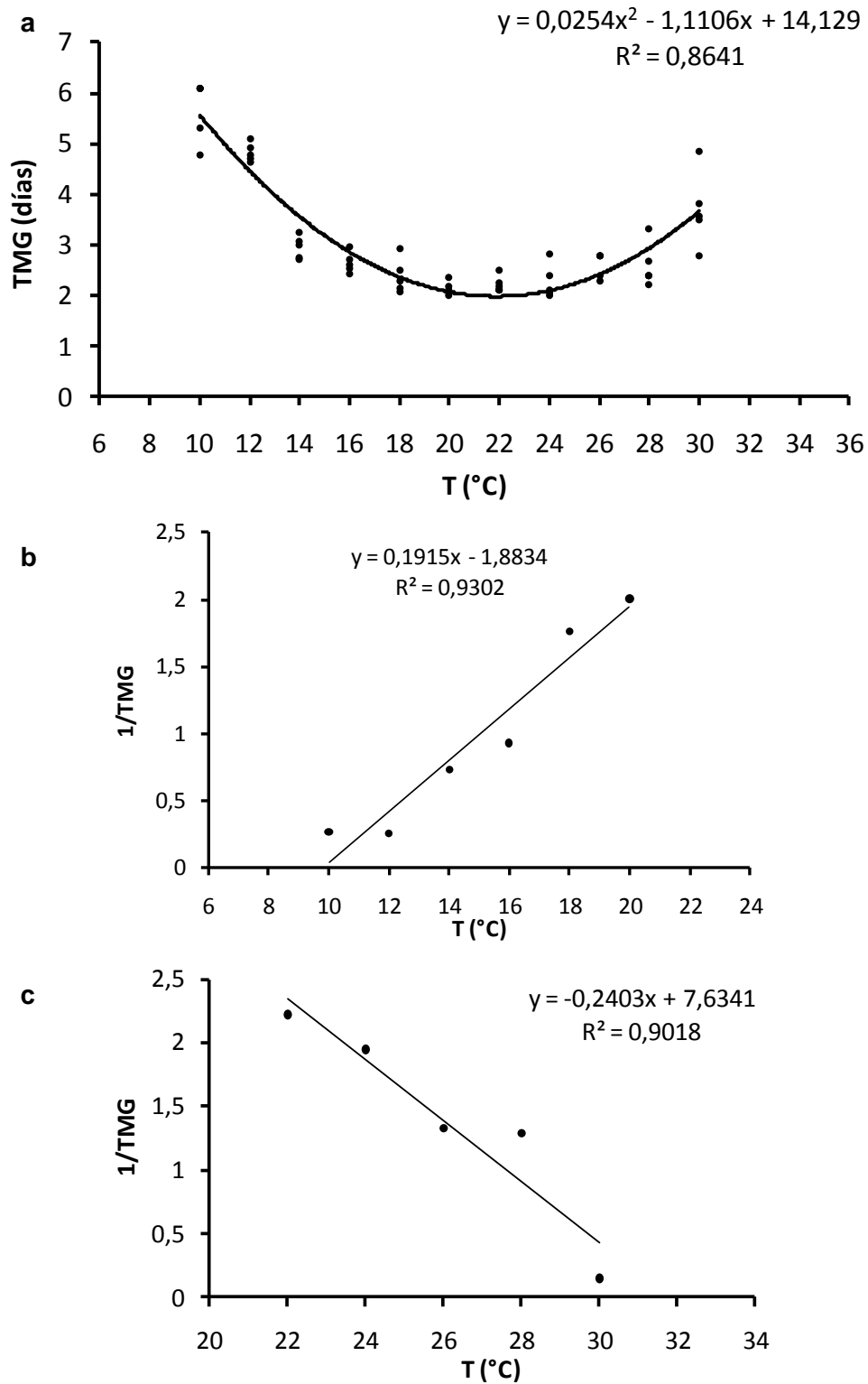


Figura 4.4. a- Tiempo medio de germinación (TMG) para la totalidad de las temperaturas evaluadas. b- Determinación de la temperatura base mínima ($x=9,8$; $y=0$). c- Determinación de la temperatura base máxima ($x=31,8$; $y=0$).

Las temperaturas base mínima y máximas de germinación estimadas fueron de 9,8 y 31,8°C; respectivamente. De esta manera se determina que el rango de germinación de *B. ulicina* es de 22 °C (Fig. 4.4).

Efecto de las temperaturas alternas sobre la germinación

Tanto la germinación ($F=9,23$ $p=0,0009$), como el CVG ($F=58,47$ $p<0,0001$) se vieron afectados por la alternancia de temperaturas.

Se observaron resultados similares, tanto en la germinación como en el CVG, cuando las semillas fueron expuestas a temperaturas alternas. No se detectaron diferencias entre los tratamientos que simularon condiciones de otoño, verano y primavera, con valores de germinación por encima de 83%, y de CVG superiores a 0,37. El tratamiento correspondiente a invierno se destacó por sus valores inferiores con respecto al resto de los tratamientos, registrando una diferencia de germinación de 27% y un CVG aproximadamente un 50% menor que el promedio de los tratamientos restantes (Fig. 4.5).

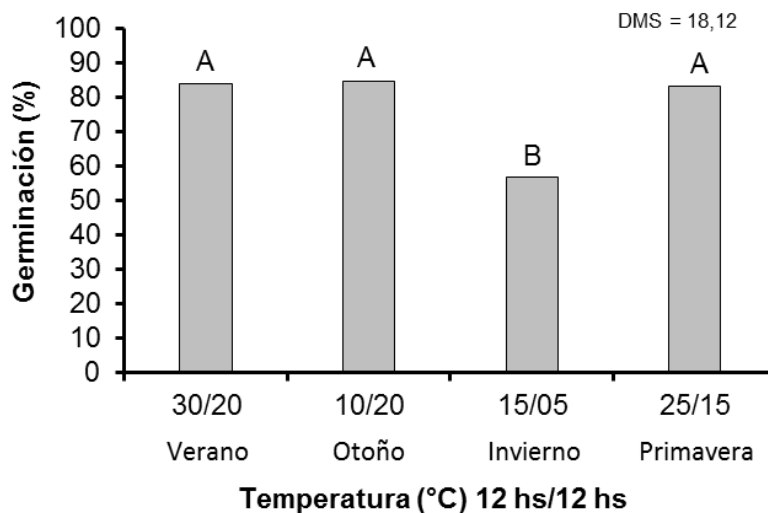


Figura 4.5. Porcentaje de germinación de semillas de *B. ulicina* expuestas a temperaturas alternas (12 h: 12 h), simulando las estaciones del año: verano (30/20°C), otoño (10/20°C), invierno (15/05°C) y primavera (25/15°C). Barras con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según Tukey ($p<0,05$).

A diferencia de lo observado para *B. ulicina*, algunas especies necesitan de la alternancia de temperaturas para poder obtener niveles máximos de germinación. Panetta (1979) obtuvo aumentos de 25% en la germinación de *B. halimifolia* con fluctuaciones de apenas 7,5°C. Existen otros ejemplos de especies dentro del género *Baccharis* que logran altos niveles de germinación tras ser expuestos a alternancias de temperaturas. McBride (1964) documentó 92 y 93% de germinación en *B. pilularis* utilizando tratamientos de 30/17 y 23/19°C, respectivamente. Panetta (1979) determinó 92% de germinación en *B. halimifolia* bajo alternancias de temperaturas de 23/19°C; mientras que, se registró un 82% de germinación en *B. salicifolia* bajo fluctuaciones de 30/20°C (Olson, 1974).

Efecto del fotoperiodo sobre la germinación

Es ampliamente conocido el requerimiento de luz de muchas malezas para germinar (Bewley y Black, 1994). Sin embargo, el fotoperiodo fue la única de las condiciones ambientales evaluadas que no registró incidencia sobre la germinación de *B. ulicina*, tanto en la germinación ($F=0,95$ $p=0,4568$) como en CVG ($F=2,56$ $p=0,0699$) (Fig. 4.7). Las medias totales registradas de germinación y CVG fueron de 90,2% y 0,45; respectivamente.

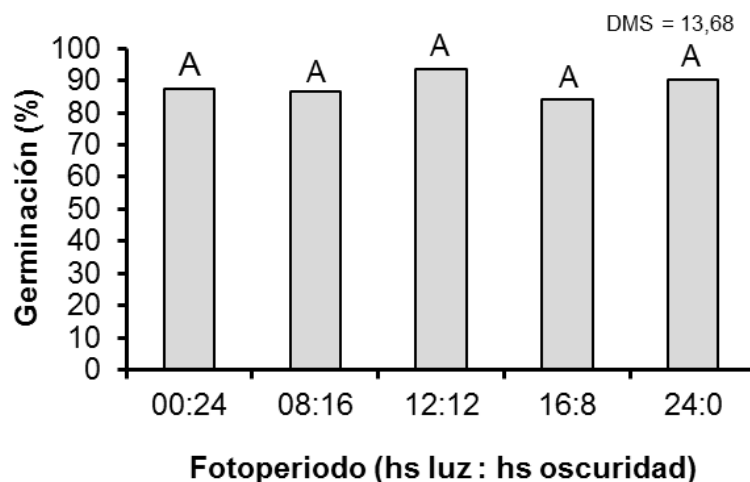


Figura 4.6. Porcentaje de germinación de *B. ulicina* bajo diferentes fotoperíodos a 20°C. Barras con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según Tukey ($p<0,05$).

Contrariamente, existen antecedentes que identifican fotoblastismo positivo (requerimiento de luz para germinar) en *B. trimera* (Yamashita *et al.*, 2009). Existen registros

de la necesidad de *B. halimifolia* y *B. salicifolia* para germinar. Sin luz la germinación no ocurre o es mínima (Karrfalt y Olson, 2008). Westman *et al.* (1975) también determinaron un requerimiento facultativo de luz por parte de *B. halimifolia* para germinar. Sobre la misma especie, Panetta (1979) demostró que un fotoperíodo de ocho horas produjo el doble de germinación con respecto a luz constante. Sin embargo, en un experimento en condiciones de invernáculo, no registró reducción en la germinación de *B. halimifolia* bajo tratamientos que disminuían el total de la luz solar a 56,7; 23,6 o 17,4% (Panetta, 1990).

Efecto del potencial osmótico sobre la germinación

Entre los distintos tratamientos de presión osmótica evaluados se hallaron diferencias altamente significativas en la germinación ($F=129,53$ $p<0,0001$) y CVG ($F=46$ $p<0,0001$) (Fig. 4.7).

La germinación decreció de 93 a 1,6% en la medida que el potencial osmótico disminuyó de 0 a -1,2 MPa. Los valores de germinación de los tratamientos -0,2 y -0,4 MPa no difirieron respecto al testigo (agua destilada). En la concentración de -1 MPa se registró un 32,8% de semillas germinadas. Finalmente, en el tratamiento de -1,4 MPa la germinación fue nula (Fig. 4.7).

Según la regresión ajustada, la inhibición del 50% de la germinación se dio a -0,79 MPa (Fig. 4.7). Este es un valor elevado de tolerancia al estrés hídrico en comparación con el registrado para *Eupatorium compositifolium* (Asteraceae), cuya germinación fue reducida en 50% con un potencial hídrico de -0,4 MPa (Mac Donald *et al.*, 1992). Por otra parte, Montemurro *et al.* (2007) reportaron la total inhibición de la germinación de *Silybum marianum* (Asteraceae) a -0,6 MPa.

Los resultados obtenidos mostrarían una importante capacidad de las semillas de *B. ulicina* para germinar en condiciones de estrés hídrico.

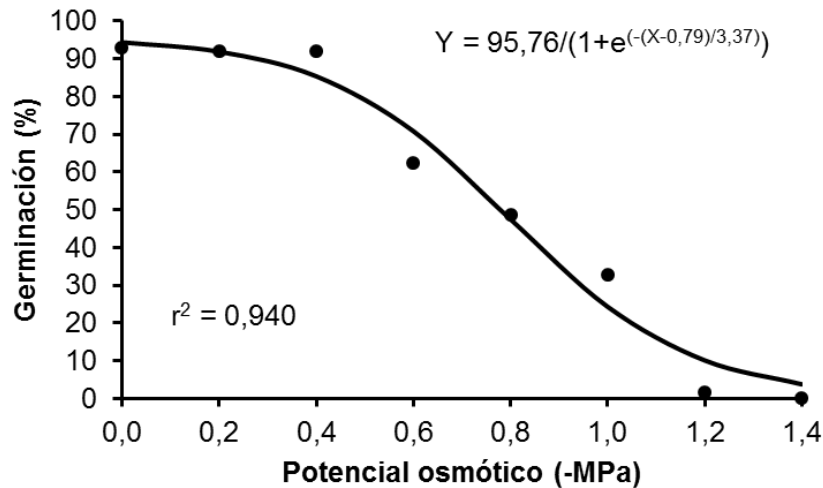


Figura 4.7. Germinación de semillas de *B. ulicina* bajo diferentes valores de potencial osmótico.

Efecto de la salinidad sobre la germinación

La salinidad tuvo una incidencia altamente significativa sobre la germinación ($F=230,98$ $p<0,0001$) y el CVG ($F=61,11$ $p<0,0001$) de las semillas de *B. ulicina* (Fig. 4.8).

Los valores de germinación correspondientes a los tratamientos comprendidos entre 10 y 160 mM NaCl fueron superiores al 84%, sin diferenciarse en ningún caso con el testigo (agua destilada). Sin embargo, el CVG tomó sus valores máximos entre las concentraciones de 0 y 40 mM de NaCl, con valores superiores a 0,4. En la concentración de 320 mM, tanto la germinación como el CVG disminuyeron notablemente, adquiriendo valores de 2,4% y 0,09, respectivamente. A 640 mM la germinación fue totalmente inhibida (Fig. 4.8).

La curva de regresión ajustada permitió determinar que el 50% de la inhibición de la germinación se alcanza a los 224,5 mM NaCl. Este valor resulta elevado si se considera que para lograr el mismo porcentaje de inhibición de la germinación en *Sonchus oleraceus* (Asteraceae) sólo fue necesario una concentración de 89,6 mM NaCl (Chauhan *et al.*, 2006). La capacidad adaptativa de *B. ulicina* a las altas concentraciones salinas no es única dentro del género. Se ha registrado una germinación del 70% en semillas de *B. halimifolia* expuestas a soluciones salinas de 20 g/l (340 mM de NaCl aproximadamente) (Paudel y Battaglia, 2013). Esta especie ha sido ampliamente citada como tolerante a la salinidad

(Levy 1983; Clark 1986; Levy 1990; Young *et al.*, 1994). En consonancia, se reportaron tolerancias a la salinidad en *B. salicifolia* y *B. emoryi* a una conductividad del suelo mayor a 8 dS/m (80mM de NaCl) (U.S. Department of the Interior, 2011).

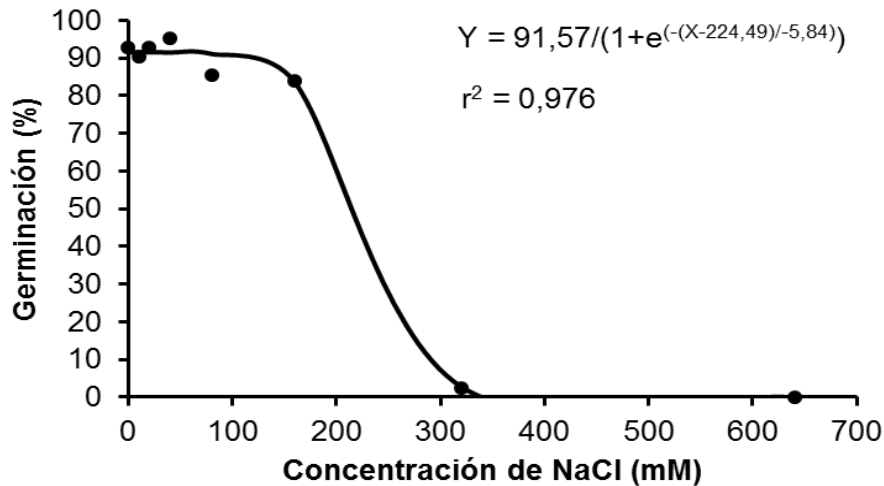


Figura 4.8. Germinación de semillas de *B. ulicina* bajo diferentes concentraciones salinas.

Efecto del pH sobre la germinación

Diferencias significativas entre los tratamientos de pH se registraron tanto en la germinación ($F=109,53$ $p<0,0001$), como en el CVG ($F=2,72$ $p=0,0142$).

Entre los valores de pH 3 y 10 la germinación tuvo sus valores máximos (> 88%), sin diferencias significativas entre sí; mientras que, a pH 11 existió una disminución del 13,6%, hallándose diferencias significativas respecto a los valores anteriores. Finalmente, las semillas expuestas a pH 12 disminuyeron su germinación sensiblemente a menos de 10% (Fig. 4.9). Este último tratamiento fue el único que se diferenció estadísticamente en cuanto a su CVG.

Es común que la germinación disminuya en los extremos del rango de los valores de pH evaluados. En *Conyza canadiensis* (Asteraceae), en tratamientos de pH 4 y 5 se registró una germinación 43% más baja que la de pH 7 (Nandula *et al.*, 2006). Para *Synedrella nodiflora* (Asteraceae), la germinación reportada en el rango de pH 4 a 8 fue mayor al 84%;

mientras que, los tratamientos de pH 9 y 10 sufrieron una disminución, aunque conservaron un valor por encima del 73% (Chauhan y Johnson, 2009)

A partir de los resultados registrados en la evaluación del pH sobre la germinación de *B. ulicina* se puede afirmar que es improbable que el pH sea un factor limitante para el desarrollo de la especie en la gran mayoría de los suelos de la región de estudio.

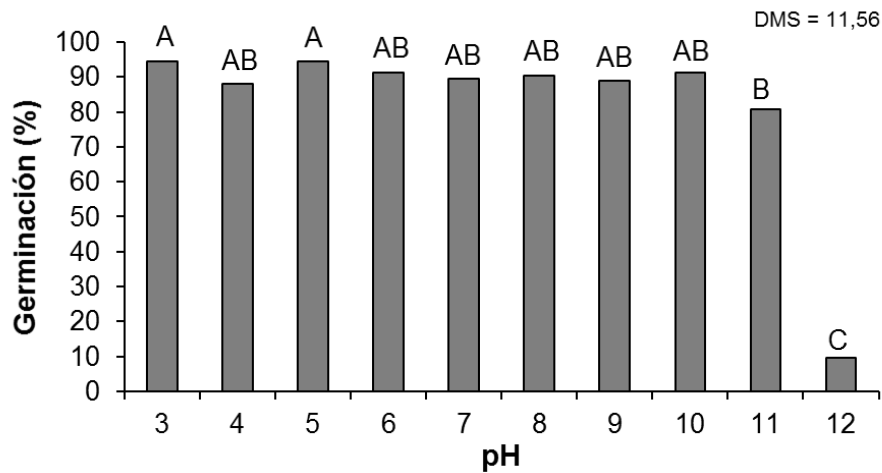


Figura 4.9. Porcentaje de germinación de *B. ulicina* bajo diferentes valores de pH. Barras con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Efecto de la profundidad de entierro de la semilla sobre la emergencia

Se hallaron diferencias altamente significativas en la emergencia ($F=45,49$ $p < 0,0001$) y el CVE ($F=18,73$ $p < 0,0001$) de plántulas de *B. ulicina* originadas de semillas colocadas a distinta profundidad (Fig. 4.10).

Los valores de emergencia fueron máximos a nivel de superficie (0 cm) y a 0,5 cm de profundidad, alcanzando 65,6 y 70,4%, respectivamente. A la profundidad de 1 cm se registró 28,8 % de emergencia. Este fue un valor estadísticamente intermedio entre los anteriores y las profundidades de 1,5 cm en adelante, donde la emergencia fue despreciable (Fig. 4.10). Según la regresión ajustada, la inhibición del 50% de la emergencia se ubicó a los 0,99 cm de profundidad (Fig. 4.10).

El CVE mostró valores de 0,23; 0,17 y 0,14 para las profundidades de 0; 0,5 y 1 cm; respectivamente.

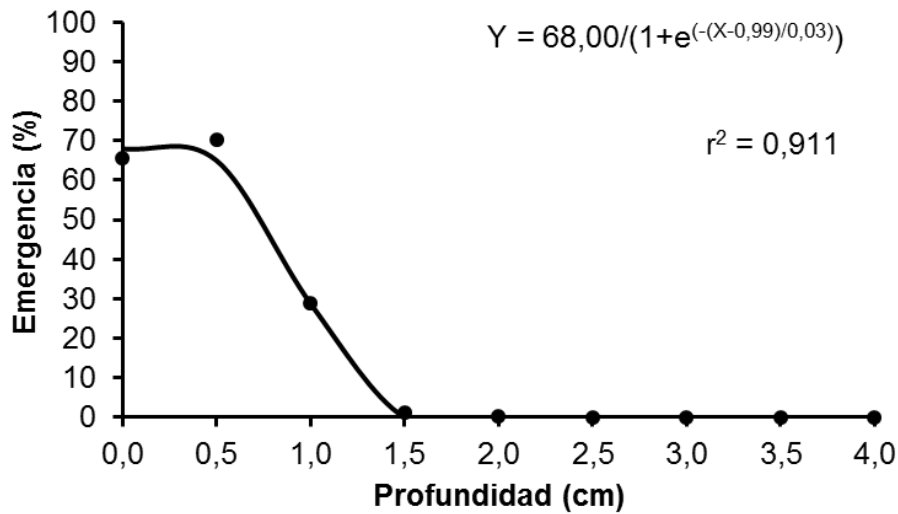


Figura 4.10. Emergencia de plántulas de *B. ulicina* originadas a partir de semillas colocadas a diferentes profundidades en condiciones de invernáculo.

Una variable de gran incidencia sobre la emergencia a distintas profundidades es el requerimiento de luz, ya que por ejemplo, en un estudio llevado a cabo por Nandula *et al.* (2006), las semillas de *Conyza canadiensis* (fotoblásticas positivas) no registraron emergencia enterradas a sólo 0,5 cm de profundidad. Según los datos registrados en este estudio, *B. ulicina* fue capaz de germinar de forma independiente al fotoperiodo, por lo que la ausencia de luz no habría sido el motivo de explicación de la no emergencia de la especie a profundidades mayores a 1,5 cm. Sin embargo, para poder afirmar plenamente dicha relación, son necesarios estudios adicionales en los que se evalúe la respuesta de la germinación considerando la posible interacción entre el fotoperiodo y la temperatura.

4.4 Conclusiones

Se registraron efectos de todas las condiciones ambientales evaluadas sobre el porcentaje y la velocidad de germinación de *B. ulicina*, a excepción del fotoperíodo. La información surgida de las distintas evaluaciones indicó una importante capacidad adaptativa de *B. ulicina* a diferentes condiciones de germinación.

Se rechazó la hipótesis que *B. ulicina* es capaz de germinar en un rango \geq a 25°C, ya que las temperaturas base mínima y máxima de germinación se estimaron en 9,8 y 31,8°C, respectivamente. De esta manera, el rango efectivo de germinación fue de 22°C. El rango óptimo de germinación (> 85%) se determinó entre los 10 y 28°C. Por otra parte, se confirma la hipótesis que la germinación es dependiente de la alternancia de temperaturas, dado que las semillas expuestas al tratamiento que simula las condiciones invernales (15/5°C) alcanzó un 27% menos de germinación con respecto al resto de las evaluaciones.

No se detectaron diferencias en la germinación entre los diferentes tratamientos de horas de luz:oscuridad, por lo que se rechaza la hipótesis que dicho proceso es dependiente del fotoperíodo. Sin embargo, es importante considerar que el rechazo de la hipótesis es válido sólo en el marco de la temperatura utilizada (20°C).

La hipótesis que sostiene que *B. ulicina* es capaz de germinar en valores mínimos de presión osmótica de -0,8 MPa fue rechazada. Según los resultados obtenidos, el 50% de la inhibición de la germinación ocurrió en -0,79 MPa, registrándose incluso 32,8% de germinación en el potencial osmótico -1 MPa. Asimismo, se rechazó la hipótesis que la germinación de *B. ulicina* ocurre en valores máximos de concentración salina de 160 mM NaCl. La especie demostró una alta tolerancia al estrés salino, determinándose el 50% de inhibición de su germinación en 224,5 mM NaCl. El límite máximo de concentración salina a la cual se registró la germinación fue de 320 mM NaCl.

Se aceptó la hipótesis acerca de la capacidad de *B. ulicina* de germinar en el rango de pH ubicado entre 4 y 10. La germinación fue máxima (>88%) entre los valores de pH 3 y 10, y se registró la ocurrencia de dicho proceso hasta pH 12.

Se rechazó la hipótesis que postulaba la capacidad de *B. ulicina* de emerger cuando las semillas se encuentran a profundidades de suelo de hasta 3 cm. No se registró emergencia a partir de 2 cm de profundidad, y en apenas 1,5 cm de distancia de la superficie del suelo la emergencia disminuyó a sólo 1,2%. Esta información resulta de enorme utilidad práctica, ya que donde fuera posible, una pequeña remoción de suelo dejaría a las semillas de *B. ulicina* sin posibilidad de emerger y establecerse.

De acuerdo a los resultados encontrados, ninguna de las condiciones ambientales evaluadas parecería ofrecer limitaciones importantes para la germinación de la especie. Sin embargo, se identifica la escasa profundidad de entierro a la cual es capaz de emerger *B. ulicina* como el factor que podría causar mayores restricciones a la propagación de la especie.

Capítulo V

**“Potencial efecto alelopático de *Baccharis ulicina*
sobre la germinación y establecimiento de especies
nativas y cultivadas”**

5.1 Introducción

En las plantas se llevan a cabo numerosos procesos químicos que intervienen en forma directa en la supervivencia, crecimiento y reproducción de las mismas. El conjunto de dichos procesos se denomina metabolismo primario (Taiz y Zeiger, 2010). Entre ellos se incluyen la formación de carbohidratos, lípidos y proteínas que forman parte de las distintas estructuras que conforman los vegetales. El metabolismo primario es común a todas las plantas, sin excepción (Bolton, 2009). Los compuestos químicos resultantes se denominan metabolitos primarios. Luego, estas sustancias químicas participan en una serie de procesos únicos para cada especie, dando lugar al metabolismo secundario, cuyos productos son los metabolitos secundarios (Berger *et al.*, 2007). Estos compuestos orgánicos cumplen funciones no directamente esenciales en el crecimiento o reproducción de las plantas. De forma que su ausencia no es fatal, pero su presencia supone una ventaja competitiva considerable (Ridenour y Callaway, 2001). Muchas de las funciones de los metabolitos secundarios aún se desconocen; sin embargo, se sabe que cumplen un importante rol en la interacción negativa de defensa contra predadores y patógenos, atrayendo a polinizadores, o como agentes alelopáticos (He *et al.*, 2012). Dichos aleloquímicos, son sustancias hidrosolubles generadas en los procesos intermedios o finales del metabolismo secundario, y son los responsables de generar el proceso de alelopatía (Lodhi, 1976).

Cuando un organismo se desarrolla en un ambiente muy competitivo, puede llegar a desarrollar determinadas formas de defensa, entre las cuales se encuentra la inhibición del crecimiento de otros integrantes de su entorno a través de la alelopatía (Rice, 1984).

Se define como alelopatía al proceso natural que envuelve la producción de determinadas sustancias químicas (aleloquímicos), que una vez liberados al ambiente, influyen directa o indirectamente en el crecimiento y desarrollo de otros organismos (excluidos los animales), afectando sistemas agrícolas o biológicos (Rice, 1984; Narwal y Haouala, 2011).

La producción de aleloquímicos puede ser influida por factores bióticos y abióticos (Ohno, 2001). Generalmente, aquellas plantas expuestas a estrés responden con la producción de mayores concentraciones de estos compuestos (defensa constitutiva) y/o la síntesis de nuevas moléculas (defensa inducida), frecuentemente implicadas como alelopáticas (Farajzadeh *et al.*, 2011). No se conoce con precisión si los aleloquímicos se liberan en forma activa (con gasto de energía), o simplemente por medio de una expulsión pasiva. El modo de liberación de un compuesto alelopático depende de su naturaleza química (Fujii *et al.*, 2012).

Las plantas superiores liberan regularmente compuestos orgánicos por diferentes vías: volatilización de sus superficies, lixiviados de hojas, exudados de raíces, o simplemente a través de procesos de descomposición de sus tejidos (Khan *et al.*, 2011). La lixiviación es la remoción de sustancias presentes en la planta por efecto de las precipitaciones, y el grado en que ocurre depende del tipo de tejido vegetal, la edad de la planta, y la cantidad y naturaleza de la precipitación (Duke, 2003). Una vez que los aleloquímicos son introducidos en el medio ambiente, requieren de la acumulación en cantidades suficientes para afectar a otros individuos, o bien ser liberados continuamente, de manera que los efectos sean persistentes (Rodrigues *et al.*, 1999).

Debido a la diversidad de la composición química de los diferentes agentes alelopáticos, no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que éstos afectan a la planta receptora (Mairesse *et al.*, 2007). En la naturaleza, la actividad alelopática está probablemente originada por la acción conjunta de varios aleloquímicos, más que por la acción de uno solo (Newman y Rovira, 1975).

Las especies de *Baccharis* producen numerosos metabolitos secundarios, que seguramente han contribuido a su éxito evolutivo en la defensa contra la herbivoría y microorganismos (Cronquist, 1981). Hasta la fecha más de 100 especies del género *Baccharis* han sido investigadas químicamente (Jarvis *et al.*, 1991; Hudson y Stiling, 1997; Abad Martínez *et al.*, 2005; Gonzaga Verdi *et al.*, 2005; Carrizo Flores *et al.*, 2009; Palacios

et al., 2010; Cariddi *et al.*, 2012). Los componentes químicos más encontrados en el género son terpenoides y flavonoides (Gonzaga Verdi, 2005). Son numerosos los ejemplos de especies dentro del género *Baccharis* que son utilizadas en la medicina popular como consecuencia de la presencia de metabolitos secundarios (Bohlmann *et al.*, 1985; Heiden y Pirani, 2012; Ferreira Dos Santos *et al.*, 2012; Campos y Scarpa, 2013).

En Argentina se han registrado casos de especies del género *Baccharis*, tanto con efecto alelopático, como causantes de efectos tóxicos para el ganado (Rizzo *et al.*, 1997; Cazón *et al.*, 2000). En el caso de *B. ulicina*, se desconoce totalmente su potencial en la generación de efecto alelopático sobre especies nativas y cultivadas. Sin embargo, observaciones realizadas a campo evidencian una aparente interacción negativa entre *B. ulicina* y otras especies del pastizal, así como zonas de suelo desnudo alrededor de las plantas. Dado que estos efectos no son atribuibles a variables físicas (pH, temperatura, disponibilidad de agua, etc.), competencia entre plantas, ni al efecto de ningún otro organismo, es posible inferir la ocurrencia de un proceso de alelopatía.

En forma general, las investigaciones que abarcan temáticas de alelopatía comprenden dos etapas: una fase bioecológica y una fase química. Teniendo en cuenta la complejidad de ambas, el presente estudio sólo abarca la primera de ellas a modo introductorio en el conocimiento del proceso de producción de sustancias alelopáticas por parte de *B. ulicina*. La germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas son fases críticas en el ciclo de vida de las plantas, ya que muestran una gran vulnerabilidad a la influencia de factores desfavorables. Por esta razón, dichos procesos fueron seleccionados para la evaluación del potencial alelopático de *B. ulicina* sobre otras especies blanco (Angevine y Chabot, 1979).

Generar información acerca de la potencial ocurrencia de este tipo de mecanismos es de suma importancia para contar con herramientas que contribuyan a la comprensión del éxito en la expansión del área ocupado por *B. ulicina*, así como interpretar las complejas interacciones que desarrolla con otras especies del pastizal.

5.1.1 Hipótesis

a. Extractos acuosos realizados con distintos tejidos de *B. ulicina* ejercen efecto alelopático sobre los procesos de germinación y establecimiento de especies cultivadas (indicadoras) y nativas del pastizal.

Sustento de la hipótesis

Las sustancias alelopáticas poseen la capacidad de inhibir la germinación de semillas de otras especies, como así también de interferir en el crecimiento y desarrollo de plantas vecinas (Tanveer *et al.*, 2008). La eficacia del efecto alelopático sobre el crecimiento de otras plantas es diferente para cada especie, inclusive, varía según el órgano de la planta del cual provenga (Zeng *et al.*, 2008).

Palacios *et al.* (2010) tras evaluar soluciones de parte aérea de *B. artemisiodes*, *B. coridifolia* y *B. salicifolia* sobre la germinación de *Avena sativa*, determinaron inhibiciones en la germinación de 81, 81 y 100%, respectivamente. Similarmente, existen antecedentes del efecto inhibitorio de *B. trimera* sobre la germinación de *Helianthus annuus* y de *Vigna unguiculata* (da Silva y de Carvalho, 2009; Xavier *et al.*, 2012).

En *B. ulicina* se ha determinado la presencia de compuestos químicos, tales como triterpenos, sesquiterpenos y esteroides, sin determinar su posible actividad biológica (Zdero *et al.*, 1986).

Previsión

a. La germinación y el establecimiento de las especies blanco, sobre las que se realizarán las evaluaciones, se verán afectadas de manera diferencial por las soluciones realizadas a partir de tejidos provenientes de las distintas partes constitutivas de *B. ulicina*.

5.1.2 Objetivos

Objetivo general

Determinar bajo condiciones controladas de laboratorio si *B. ulicina* tiene la capacidad de generar compuestos con potencial fitotóxico, capaces de afectar la germinación y/o el establecimiento tanto de especies nativas del pastizal como de especies cultivadas indicadoras.

Objetivos específicos

- Determinar el potencial efecto alelopático de *B. ulicina* sobre los procesos de germinación y establecimiento de las especies seleccionadas.
- Estimar si tal/es compuesto/s se encuentran presentes en cantidades diferenciadas en el sistema radical, parte aérea y en la planta completa de *B. ulicina*.
- Establecer la relación entre el efecto alelopático producido y la concentración de tejido de *B. ulicina*.

5.2 Materiales y Métodos

Con el objetivo de analizar su potencial efecto alelopático, se cosecharon plantas enteras de *B. ulicina* con las que se realizaron soluciones acuosas. Luego, el efecto de dichas soluciones fue evaluado sobre la germinación y el establecimiento de especies nativas y cultivadas.

Las plantas utilizadas fueron cosechadas en marzo de 2011 y 2012 en proximidades de las instalaciones de CERZOS – CCT Bahía Blanca (38°39'58"S, 62°14'03"O). Después, fueron cuidadosamente lavadas con agua destilada y fraccionadas en raíz (Rz) y parte aérea (Pa); mientras que, una porción permaneció como planta completa (Pc). Luego fueron cortadas, en primera instancia con tijera a un tamaño menor a dos centímetros, y finalmente trituradas con un molinillo eléctrico logrando un tamaño de tejido inferior a cinco milímetros. Los tejidos procesados (Rz, Pa y Pc) se colocaron en agua destilada a 24° C y a las 24 horas la solución fue filtrada. Para cada tipo de tejido se realizaron dos concentraciones: alta (A) de 150 g tejido/l agua (15% masa: volumen) y baja (B) de 50 g tejido/l agua (5% masa: volumen). Dichas concentraciones son posibles de encontrar en condiciones naturales de acuerdo a estimaciones realizadas a campo. Valores similares son utilizados en la bibliografía para otras especies.

De esta forma, se obtuvieron las siguientes soluciones/tratamientos: raíz en alta concentración (Ra-A), raíz en baja concentración (Ra-B), parte aérea en alta concentración (Pa-A), parte aérea en baja concentración (Pa-B), planta completa en alta concentración (Pc-A), planta completa en baja concentración (Pc-B) y un testigo de agua destilada (T). Las siete soluciones fueron conservadas en cámara de frío a 5° C hasta su inmediato uso en las evaluaciones.

Entre las especies blanco sobre las que se realizaron las evaluaciones, se utilizaron las especies nativas "flechilla grande" (*Nasella clarazii*) y "flechilla fina" (*Nasella tenuis*), las cuales son deseables en los pastizales naturales de la región de estudio dado su alto grado de preferencia por parte del ganado (Peláez *et al.*, 2013). De estas especies se utilizó el

cariopse desnudo, dado que a través de evaluaciones preliminares, se determinaron la ausencia de dormición considerable y una germinación uniforme en las semillas de ambas especies.

Adicionalmente, se utilizaron tres especies cultivadas como indicadoras, cuya germinación es uniforme y con sensibilidad conocida a gran variedad de aleloquímicos. Las especies cultivadas utilizadas fueron: “avena” (*Avena sativa*), “rye grass perenne” (*Lolium perenne*) y “rabanito” (*Raphanus sativus*). *Avena sativa* es una planta anual, correspondiente a la clase Monocotyledoneae cultivada en la zona semiárida de Argentina. Por su parte, *L. perenne* taxonómicamente pertenece a la misma clase, con la diferencia que su hábito de crecimiento es perenne al igual que las especies nativas que también se evalúan en el presente estudio. Finalmente, *R. sativus* representa a la clase Dicotyledoneae, es una especie de importancia hortícola cuya utilización en bioensayos es habitual por su acentuada sensibilidad a los aleloquímicos.

5.2.1 Evaluación del potencial alelopático de *B. ulicina* sobre la germinación de especies nativas y cultivadas

Las semillas de las cinco especies utilizadas en el presente estudio fueron previamente esterilizadas superficialmente mediante el sumergimiento en hipoclorito de sodio 1% durante cinco minutos (Wakjira *et al.*, 2011). Posteriormente, se lavaron con agua destilada durante tres minutos. Para cada especie y tratamiento fueron utilizadas cuatro réplicas de 25 semillas colocadas en cajas de Petri sobre papel de filtro Whatman no.1. Al inicio del ensayo se colocaron 6 mL de la solución correspondiente en cada una de las cajas de Petri y se sellaron con papel film luego de cada registro de germinación, a fin de mantener niveles de humedad homogéneos. Durante los siete días que duro el experimento las semillas fueron colocadas en cámaras de crecimiento bajo las condiciones óptimas para cada especie. Las especies cultivadas se mantuvieron a 25° C en oscuridad; mientras que, las especies nativas permanecieron a 24° C con un fotoperíodo de 12 hs. Se registró la

germinación los días 3, 4, 5, 6 y 7, considerando semilla germinada a aquella cuya radícula alcanzaba una longitud mayor a 2 mm. La germinación acumulada al final del ensayo fue utilizada para calcular el porcentaje de germinación (PG); mientras que, con la totalidad de las mediciones se determinó la velocidad de germinación. Para ello se utilizó la fórmula de velocidad de germinación propuesta por González-Zertuche y Orozco-Segovia (1996), con una variante para obtener el resultado como un porcentaje:

$$\text{Velocidad de germinación (\%)} = \frac{\text{GD3} + \text{GD4} \cdot 0,8 + \text{GD5} \cdot 0,6 + \text{GD6} \cdot 0,4 + \text{GD7} \cdot 0,2}{\text{Germinación acumulada}} \times 100$$

donde GD3, GD4, GD5, GD6 y GD7 corresponden al número de semillas germinadas los días 3, 4, 5, 6 y 7, respectivamente. El 100% de velocidad de germinación se da cuando la totalidad de las semillas germinan antes de la primera evaluación (día 3).

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los datos fueron procesados a través de un ANOVA doble, utilizando como variables clasificatorias el año y las distintas soluciones evaluadas. La comparación de medias se realizó por medio del test de Tukey ($p < 0,05$), utilizando el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

5.2.2 Evaluación del potencial alelopático de *B. ulicina* sobre el establecimiento de especies nativas y cultivadas

En el presente estudio se planteó el objetivo de evaluar el efecto de las soluciones realizadas a partir de distintos tejidos de *B. ulicina* sobre el establecimiento de las especies blanco, independientemente del proceso de germinación. Por este motivo, se procedió a obtener primeramente una germinación óptima de semillas para cada especie, y una vez garantizada, se procedió a la evaluación de los tratamientos sobre el establecimiento propiamente dicho.

Para ello, fueron colocadas numerosas semillas de las especies citadas en cajas de Petri bajo las condiciones óptimas de crecimiento para cada especie (iguales a las utilizadas para el estudio anterior) y se regaron con agua destilada. Luego de dos días de haber

germinado, se seleccionaron plántulas homogéneas y se dispusieron de a tres en recipientes con 180 cm³ de suelo (n=5) en condiciones de invernáculo (T: 21,7±4,3°C, HR: 43±19%). Cada recipiente fue regado durante 15 días con la solución correspondiente a cada tratamiento. Se utilizó un testigo, en el cual las plántulas fueron regadas con agua destilada. Luego de dos semanas se le asignó un valor de 0, 33, 66 o 99% de establecimiento a cada unidad de muestreo, de acuerdo si contaban con 0, 1, 2 o 3 plántulas establecidas. Se tomaron como plántulas establecidas aquellas que estaban vivas y en activo crecimiento.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado. Los resultados obtenidos fueron sometidos a ANOVA doble, empleando como variables clasificatorias el año y las distintas soluciones evaluadas. Las medias fueron separadas a través del test de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

5.3 Resultados y discusión

5.3.1 Evaluación del potencial alelopático de *B. ulicina* sobre la germinación de especies nativas y cultivadas

Nassella clarazii

Las evaluaciones de germinación realizadas sobre *N. clarazii* no registraron interacción entre las variables años y soluciones estudiadas ($F=0,93$ $p=0,4866$), ni efecto del año ($F=2,57$ $p=0,1163$) o entre las soluciones evaluadas ($F=1,82$ $p=0,1181$). La germinación media total registrada fue de 87%, demostrando no ser sensible a las soluciones evaluadas (Fig. 5.1).

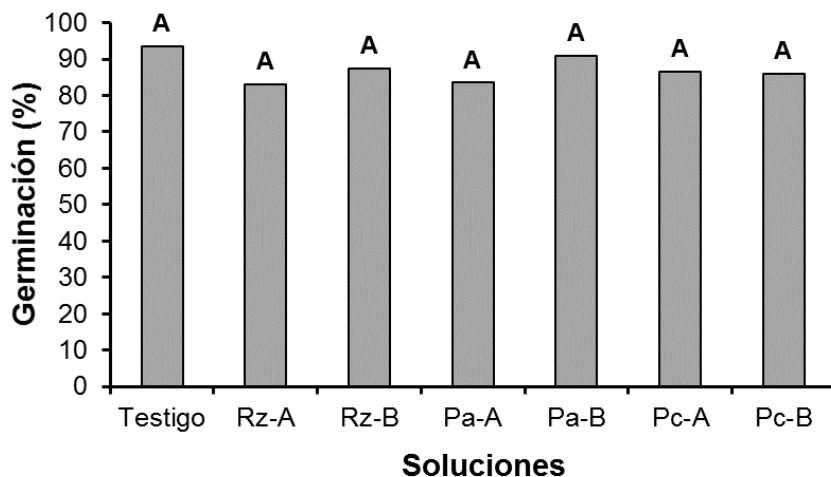


Figura 5.1. Porcentaje de germinación de semillas de *Nassella clarazii* en condiciones controladas (24°C y fotoperíodo de 12 hs), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados). Columnas acompañadas por la misma letra no difieren entre sí según Tukey ($p<0,05$).

En cuanto a la velocidad de germinación, se registró interacción entre las variables años y soluciones ($F=20,73$ $p<0,0001$), hallándose diferencias entre años ($F=129,92$ $p<0,0001$) y entre soluciones ($F=27,42$ $p<0,0001$). Se observó que como todas las soluciones disminuyeron la velocidad de germinación de *N. clarazii* (a excepción de Rz-B en

2011 y Pa-B en 2012), aunque en ninguno de los casos la disminución fue mayor al 30% con respecto al testigo (Fig. 5.2).

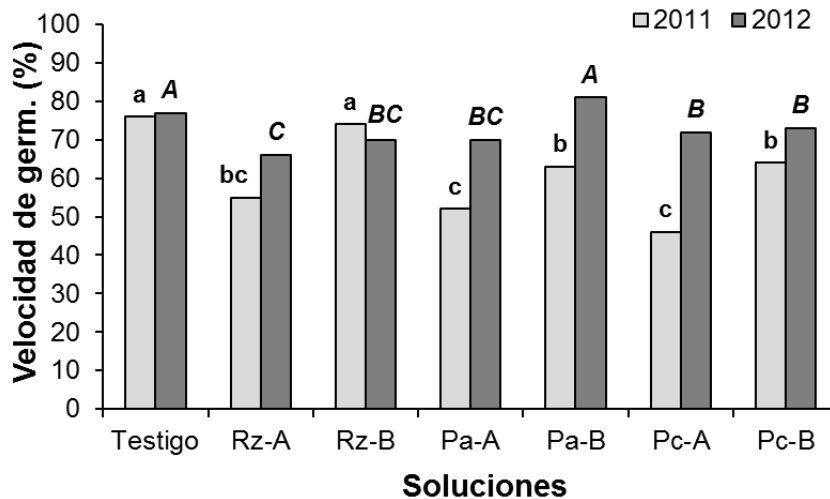


Figura 5.2. Velocidad de germinación de semillas de *Nassella clarazii* en condiciones controladas (24°C y fotoperíodo de 12 hs), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Nassella tenuis

En la germinación de *N. tenuis* se registró interacción entre años y tratamientos ($F=4,68$ $p=0,001$), y diferencias altamente significativas entre años ($F=26,42$ $p < 0,0001$) y entre soluciones ($F=20,99$ $p < 0,0001$). La totalidad de las soluciones correspondientes al año 2011 afectó la germinación de *N. tenuis*, destacándose como menor valor de germinación el obtenido para el tratamiento Pa-A con sólo 18%. De las soluciones evaluadas en 2012, apenas tres se diferenciaron del testigo: Pa-B, Pc-A y Pc-B, con germinaciones de 40, 18 y 48%, respectivamente (Fig. 5.3).

En la velocidad de germinación no se encontró interacción entre variables ($F=1,15$ $p=0,3526$) pero si diferencias entre años ($F=51,47$ $p < 0,0001$) y entre tratamientos ($F=10,51$ $p < 0,0001$). Los tratamientos Pa-A y Pc-A disminuyeron la velocidad de germinación de *N. tenuis* en los dos años estudiados, con reducciones promedio de 21 y 24% (Fig. 5.4).

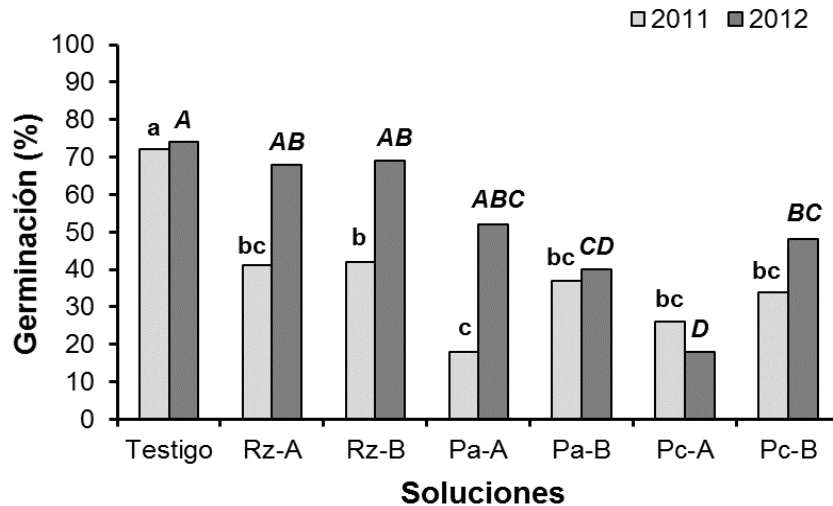


Figura 5.3. Porcentaje de germinación de semillas de *Nassella tenuis* en condiciones controladas (24°C y fotoperíodo de 12 hs), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

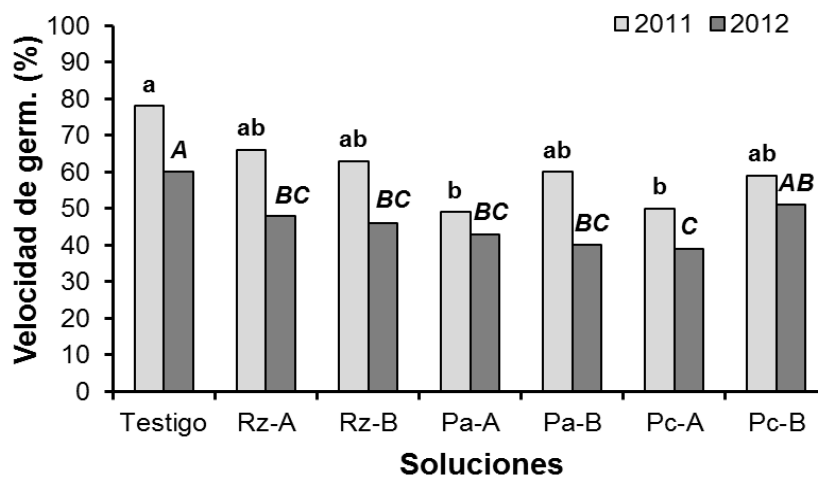


Figura 5.4. Velocidad de germinación de semillas de *Nassella tenuis* en condiciones controladas (24°C y fotoperíodo de 12 hs), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Avena sativa

En la germinación de *A. sativa* se halló interacción entre los años y las soluciones evaluadas ($F=2,55$ $p=0,0341$). Tanto las diferencias registradas entre años ($F=16,08$ $p=0,0002$) como entre tratamientos ($F=9$ $p < 0,0001$) fueron altamente significativas. En los

dos años estudiados, la solución con mayor efecto sobre la germinación de *A. sativa* fue Rz-A, con valores 60 y 58 % inferiores a los testigos de los años 2011 y 2012, respectivamente (Fig. 5.5).

Palacios *et al.* (2010) evaluaron soluciones de parte aérea (1%) de cuatro especies del género *Baccharis* sobre *A. sativa*, obteniendo resultados contrastantes. Mientras que, por un lado, registraron una germinación de *A. sativa* de 92% tras utilizar un extracto obtenido de plantas de *B. flabellata*, por otro lado, soluciones de *B. artemisiodes*, *B. coridifolia* y *B. salicifolia* sólo mostraron 9, 9 y 0% de germinación, respectivamente.

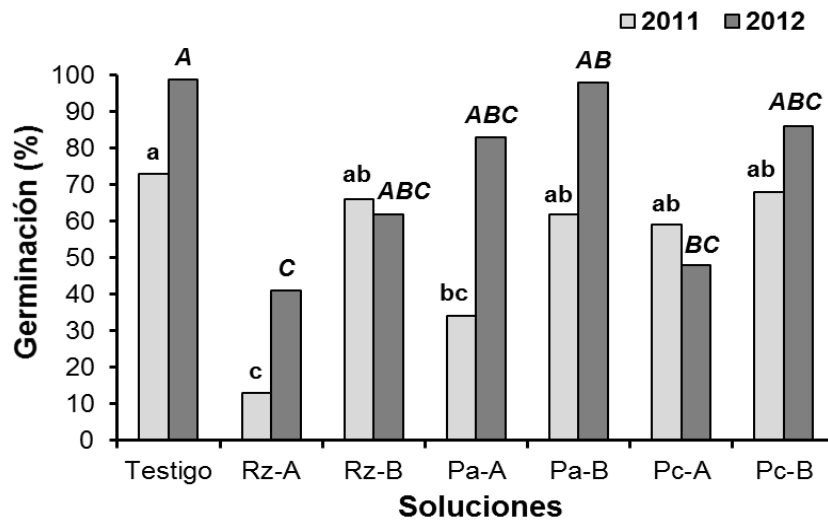


Figura 5.5. Porcentaje de germinación de semillas de *Avena sativa* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

En la evaluación del efecto de las distintas soluciones acuosas de *B. ulicina* sobre la velocidad de germinación de *A. sativa* se determinó interacción entre años y soluciones ($F=8,05$ $p < 0,0001$), diferencias entre los tratamientos estudiados ($F=24,19$ $p < 0,0001$), pero no entre años ($F=0,4$ $p=0,5294$). Se determinaron disminuciones en la velocidad de germinación para todas las soluciones con alta concentración de tejidos, a excepción de Rz-A en 2011 (Fig. 5.6).

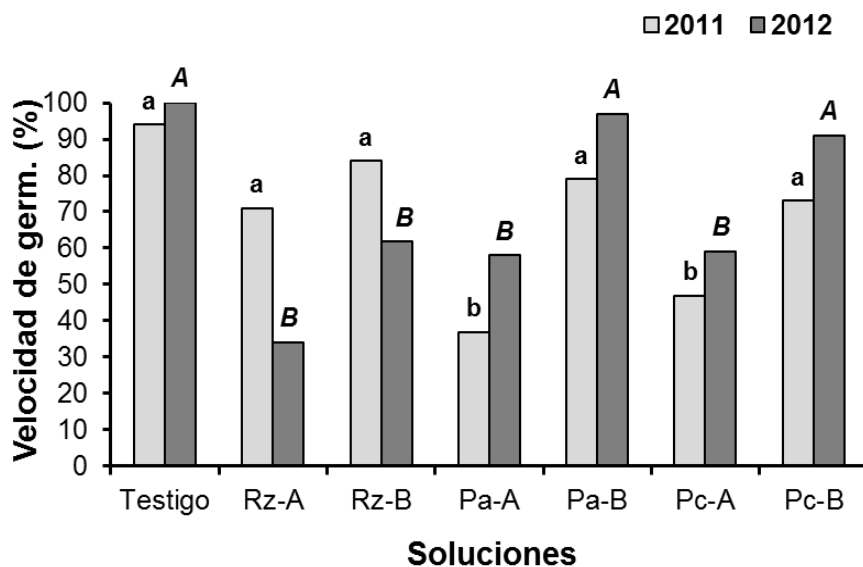


Figura 5.6. Velocidad de germinación de semillas de *Avena sativa* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Lolium perenne

En la germinación de *L. perenne* no se registró interacción entre años y tratamientos ($F=0,75$ $p=0,6104$), ni efecto debido al año ($F=1,02$ $p=0,3191$). Por esta razón los datos de germinación de ambos años fueron combinados, utilizando como única variable de clasificación los tratamientos de las diferentes soluciones ($F=21,76$ $p < 0,0001$). Todas las soluciones con alta concentración afectaron la germinación de *L. perenne*, destacándose Rz-A, con una reducción del 67% respecto al testigo (Fig. 5.7).

No se determinó interacción entre años y soluciones para la velocidad de germinación de *L. perenne* ($F=1,69$ $p=0,1476$), aunque si existieron diferencias estadísticas entre años ($F=45,19$ $p < 0,0001$) y entre tratamientos ($F=46,71$ $p < 0,0001$). Todas las soluciones evaluadas disminuyeron la velocidad de germinación de *L. perenne*. A excepción de las soluciones de raíz correspondientes al año 2011, todas las soluciones provenientes de un mismo tejido de *B. ulicina*, tuvieron mayor efecto negativo cuando se encontraban en altas concentraciones (Fig. 5.8).

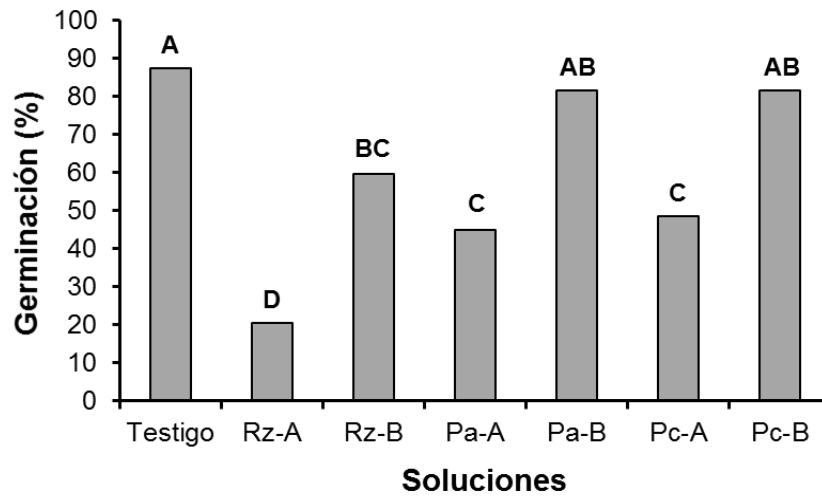


Figura 5.7. Porcentaje de germinación de semillas de *Lolium perenne* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados). Columnas acompañadas por la misma letra no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

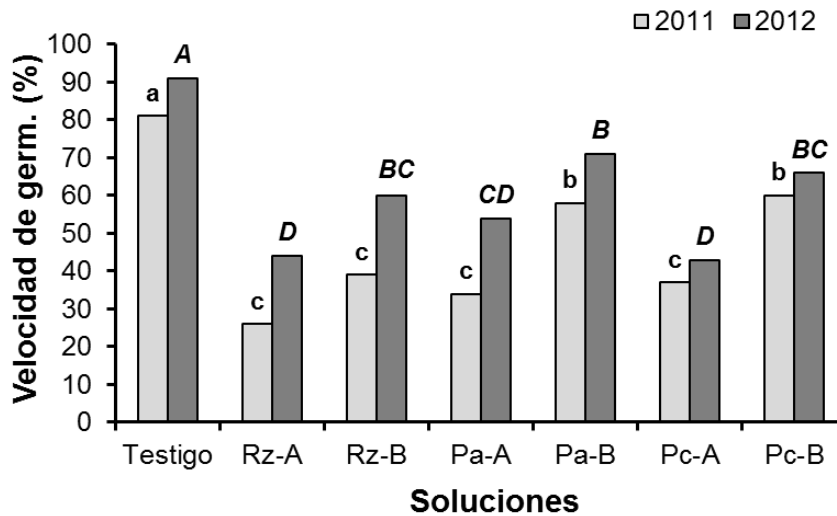


Figura 5.8. Velocidad de germinación de semillas de *Lolium perenne* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Raphanus sativus

La germinación de *R. sativus* registró interacción entre años y tratamientos ($F=4,7$ $p=0,001$), y diferencias entre años ($F=4,97$ $p=0,0312$) y tratamientos ($F=10,87$ $p < 0,0001$). La

solución Pc-A fue la única en afectar la germinación de *R. sativus* los dos años, con disminuciones de 24 y 34 % respecto a los testigos de los años 2011 y 2012, respectivamente (Fig. 5.9).

Contrariamente, Maharjan *et al.* (2007) registraron inhibiciones totales de la germinación de *R. sativus* al embeber las semillas en soluciones de hoja de *Parthenium hysterophorus* (Asteraceae) con concentraciones de sólo 2%. Existen registros de extractos de hojas al 8% de concentración de *Piper mikaniuanum*, con los que se obtuvo 33 % de germinación de *R. sativus* (Borella *et al.*, 2012).

Palacios *et al.* (2010) evaluaron soluciones de parte aérea (1%) de cuatro especies del género *Baccharis* sobre *R. sativus*, obteniendo resultados contrastantes. Por un lado, en tratamientos efectuados con extractos de *B. artemisioides*, *B. coridifolia* y *B. flabellata* hallaron germinaciones de *R. sativus* de 71, 98 y 88 %, respectivamente. Por otro lado, una solución realizada con tejidos de *B. salicifolia* inhibió completamente la germinación de *R. sativus*.

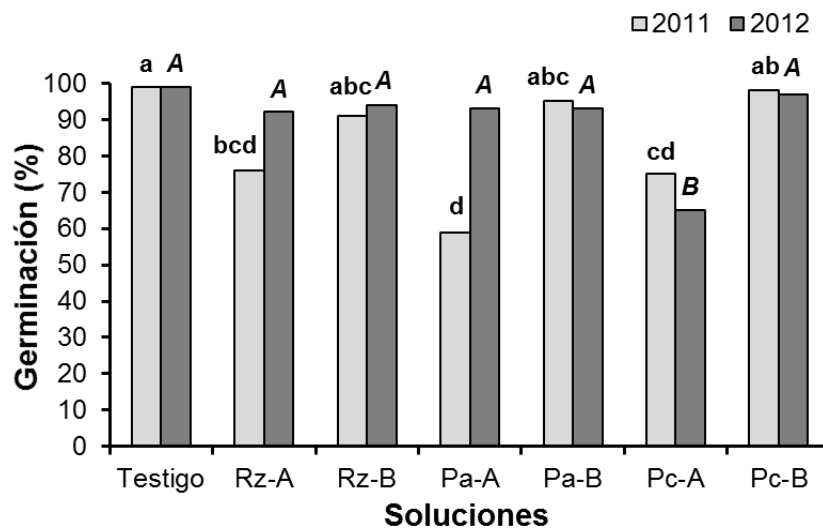


Figura 5.9. Porcentaje de germinación de semillas de *Raphanus sativus* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (Pc) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

En cuanto a la evaluación de la velocidad de germinación de *R. sativus*, se halló interacción entre las variables año y tratamiento ($F=7,3$ $p<0,0001$), así como diferencias entre años ($F=16,8$ $p=0,0002$), y entre tratamientos ($F=74,06$ $p<0,0001$). Las soluciones de Pa-A y Pc-A disminuyeron la germinación de *R. sativus* en los dos años estudiados, con disminuciones de la germinación de entre 27 y 41 % en relación a su testigo (Fig. 5.10).

Rashid *et al.* (2010) también registraron importantes disminuciones en la velocidad de germinación de *R. sativus* utilizando soluciones de hoja y raíz de *Pueraria montana* (Asteraceae), inclusive aún, con una baja concentración (2,5%).

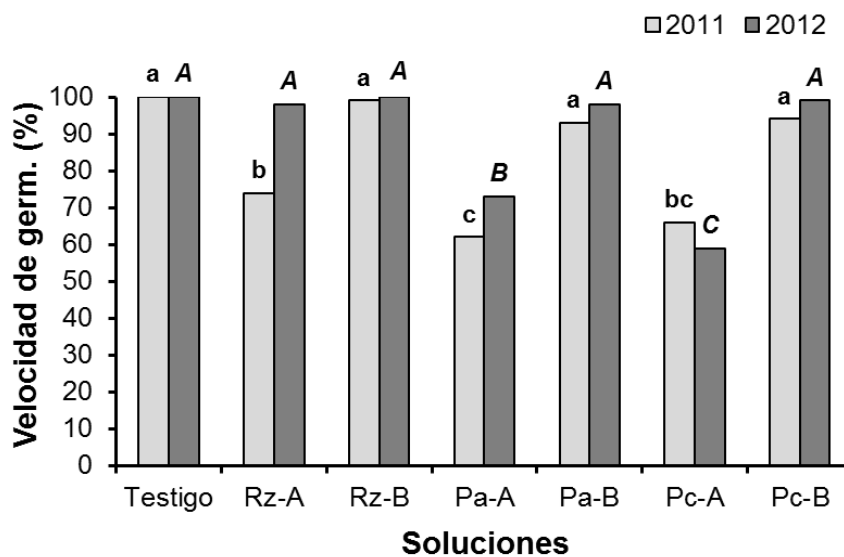


Figura 5.10. Velocidad de germinación de semillas de *Raphanus sativus* en condiciones controladas (25°C y 0 hs de luz), tras ser irrigadas durante una semana con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p<0,05$).

5.3.2 Evaluación del potencial alelopático de *B. ulicina* sobre el establecimiento de especies nativas y cultivadas

Nassella clarazii

El establecimiento de *N. clarazii* no exhibió interacción entre los años de estudio y las soluciones evaluadas ($F=1,26$ $p=0,2896$), pero se registraron diferencias tanto entre los años evaluados ($F=16,57$ $p=0,0001$), como en la respuesta a las diferentes soluciones ($F=3,57$ $p=0,0046$). El establecimiento de *N. clarazii* no fue afectado en las evaluaciones correspondientes al año 2011; mientras que, en 2012 únicamente fue alterado por la solución Pc-A. En el citado tratamiento sólo el 6% de las plántulas de *N. clarazii* lograron establecerse (Fig. 5.11).

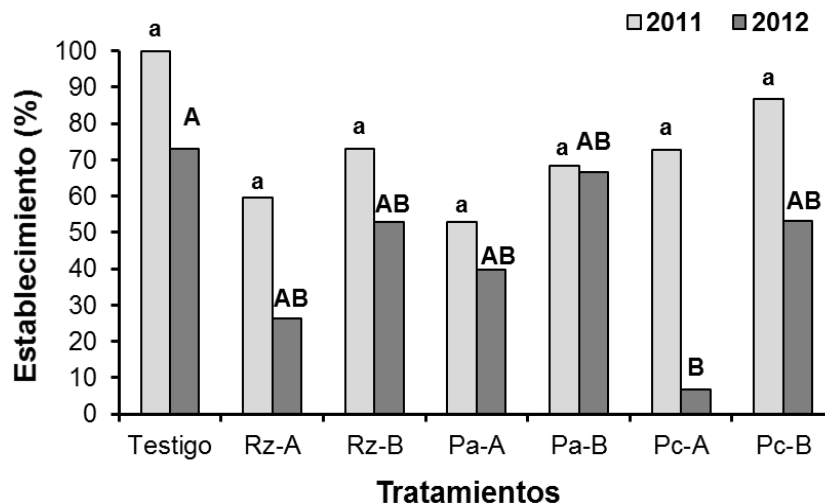


Figura 5.11. Establecimiento de plántulas de *Nassella clarazii* en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p<0,05$).

Nassella tenuis

La evaluación del efecto de soluciones de *B. ulicina* sobre el establecimiento de *N. tenuis* no mostró interacción entre el año de estudio y los tratamientos realizados ($F=0,72$ $p=0,6377$), como así tampoco se registraron diferencias entre años ($F=3,79$ $p=0,0567$). Por

esta razón, se usaron conjuntamente los datos correspondientes a los dos años de estudio. La diferencia entre tratamientos fue altamente significativa ($F=22,45$ $p<0,0001$). Todas las soluciones produjeron importantes disminuciones sobre el establecimiento de *N. tenuis*, alcanzado entre todas ellas un valor máximo de sólo 35 %. El establecimiento de *N. tenuis* bajo el tratamiento Pc-A fue nulo (Fig. 5.12).

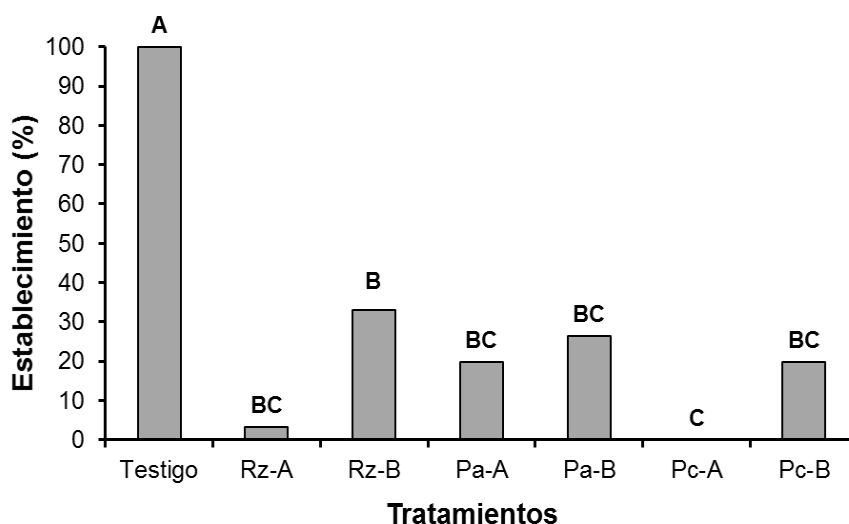


Figura 5.12. Establecimiento de plántulas de *Nassella tenuis* en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (Pc) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados). Columnas acompañadas por la misma letra no difieren entre sí según Tukey ($p<0,05$).

Avena sativa

Se registró interacción entre las variables años y soluciones ($F=4,14$ $p=0,0016$). Además, se hallaron diferencias altamente significativas entre años ($F=11,33$ $p=0,0014$) y entre las distintas soluciones evaluadas ($F=7,3$ $p<0,0001$). No se registró una única solución que afectara el establecimiento de *A. sativa* en los dos años de estudio. Valores de establecimiento de sólo 6% fueron encontrados para Pa-A en 2011 y Pc-A en 2012 (Fig. 5.13).

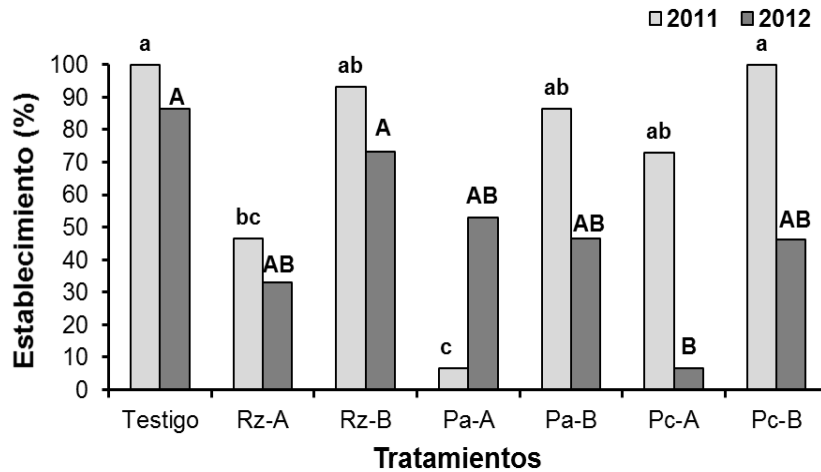


Figura 5.13. Establecimiento de plántulas de *Avena sativa* en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012. Columnas acompañadas por la misma letra, dentro de cada año, no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Lolium perenne

No se registró interacción entre las variables correspondientes al año de estudio y a las soluciones evaluadas ($F=1,74$ $p=0,1281$). Tampoco se encontraron diferencias entre años ($F=0,16$ $p=0,6877$), pero sí entre los tratamientos de las diferentes soluciones ($F=4,74$ $p=0,0006$). Por este motivo, se emplearon conjuntamente los datos correspondientes a los dos años de estudio. Sólo se diferenciaron del testigo las soluciones Rz-A y Pc-A, con valores de establecimiento de 43 y 53%, respectivamente (Fig. 5.14).

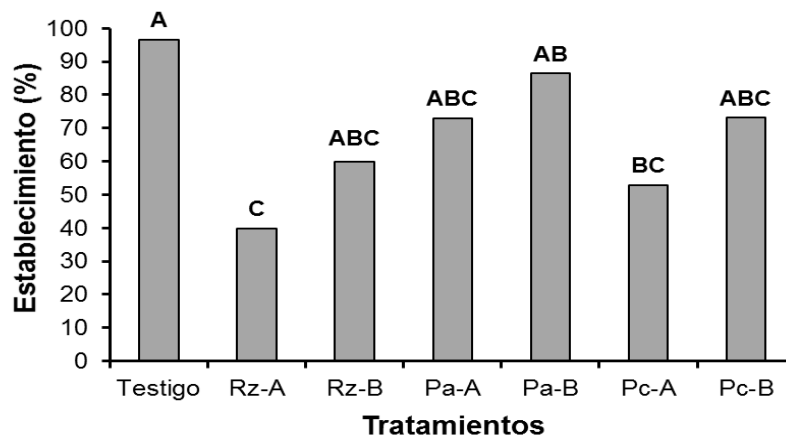


Figura 5.14. Establecimiento de plántulas de *Lolium perenne* en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados). Columnas acompañadas por la misma letra no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Raphanus sativus

En el establecimiento de *R. sativus* no se registró interacción entre las variables años y soluciones ($F=1,22$ $p=0,3105$), ni diferencias entre años ($F=1,43$ $p=0,237$). Por este motivo, los resultados obtenidos fueron analizados utilizando como única variable clasificatoria las soluciones evaluadas ($F=5,49$ $p=0,0002$). Se observó una disminución muy importante en el establecimiento de *R. sativus* para todos los tratamientos, a excepción de Pc-B. En ninguno de dichos tratamientos, el establecimiento de *R. sativus* superó el 23% (Fig. 5.15).

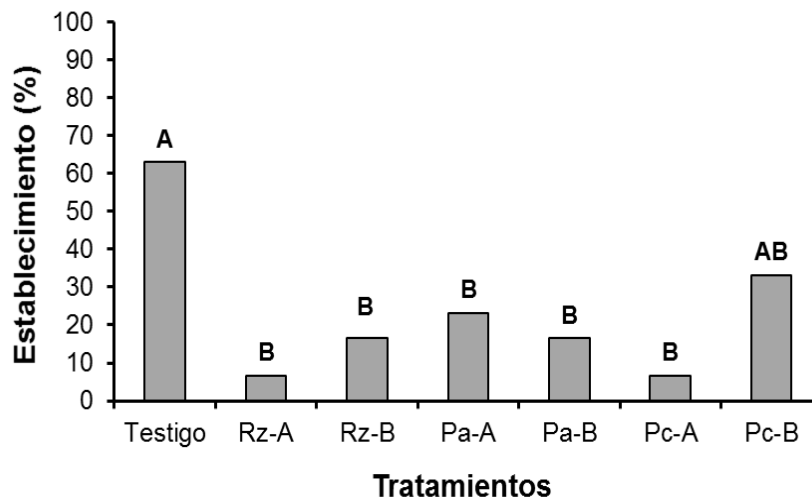


Figura 5.15. Establecimiento de plántulas de *Lolium perenne* en condiciones de invernáculo, tras ser irrigadas durante 14 días con agua destilada (testigo), o soluciones acuosas de raíz (Rz), parte aérea (Pa) y planta completa (PC) de *B. ulicina* en concentraciones de 15% (A) y 5% (B), realizadas con plantas cosechadas en 2011 y 2012 (años unificados). Columnas acompañadas por la misma letra no difieren entre sí según Tukey ($p<0,05$).

5.3.3 Relación entre los resultados obtenidos para los procesos de germinación y establecimiento

Los efectos inhibitorios registrados sobre el proceso de establecimiento de las diferentes especies evaluadas fueron, en general, de mayor magnitud en comparación con los observados para la germinación. Este comportamiento se verificó más acentuadamente en las especies nativas (*N. clarazii* y *N. tenuis*), y en *R. sativus*.

Para cada una de las especies utilizadas como blanco, fue posible identificar un tratamiento con mayor impacto sobre la germinación y el establecimiento, considerándolos de manera integral. En *N. clarazii* la germinación no fue afectada, sin embargo, la solución de Pc disminuyó la velocidad de dicho proceso en las dos concentraciones empleadas durante ambos años, como así también, minimizó el establecimiento a sólo 6% con las solución Pc-A correspondientes al año 2012. Similarmente, *N. tenuis* se vio mayormente afectada por la misma solución, aunque la magnitud registrada fue mayor: la germinación disminuyó para los dos años en ambas concentraciones y el establecimiento fue nulo para el tratamiento Pc-A y de sólo 20% para Pc-B. En *A. sativa*, la solución Rz-A fue la única que afectó la germinación para los dos años evaluados; mientras que, el establecimiento alcanzado fue del 40%. En *L. perenne*, también se destacó el efecto de la solución Rz-A, la cual redujo la germinación al 20% y el establecimiento al 40%. Al igual que para las especies nativas, en *R. sativus* la solución Pc-A demostró el mayor impacto sobre ambos procesos, fue la única en afectar la germinación en ambos años y redujo el establecimiento a sólo 4%.

De lo expuesto anteriormente, es posible inferir que los compuestos que estarían involucrados en el proceso de alelopatía, provendrían de distintas fracciones de *B. ulicina* con efectos diferenciales para cada especie en particular. En el caso de las especies nativas, existiría una participación conjunta de metabolitos provenientes tanto de la raíz como de la parte aérea, ya que los mayores efectos son obtenidos por el tratamiento que involucra la planta completa de *B. ulicina*.

5.4 Conclusiones

Tanto las soluciones de raíz, parte aérea, como de planta completa de *B. ulicina* demostraron ejercer efecto alelopático sobre la germinación y el establecimiento de las especies evaluadas, motivo por el cual, se aceptó la hipótesis de estudio que postulaba la ocurrencia de dicho fenómeno.

Se detectaron efectos fitotóxicos de los distintos extractos de *B. ulicina* sobre la germinación de *N. tenuis*, *A. sativa*, *L. perenne* y *R. sativus*, aunque no se observaron sobre *N. clarazii*. Tanto la velocidad de germinación como el establecimiento de todas las especies evaluadas resultaron afectadas por las soluciones de *B. ulicina*, aunque con resultados dispares entre sí.

Los efectos registrados sobre el proceso de establecimiento, en términos generales, expresaron un mayor grado de inhibición respecto a los observados sobre la germinación. Esta respuesta se observó de manera más evidente para las dos especies nativas, aunque se registraron resultados disímiles entre ellas. Por un lado, *N. clarazii* no vio afectada su germinación, y su establecimiento sólo fue disminuido por la solución Pc-A en 2012. Por el otro lado, la germinación de *N. tenuis* fue reducida por prácticamente todos los tratamientos, observándose una especial incidencia de la solución de Pc-A. Asimismo, todos los tratamientos disminuyeron el establecimiento de *N. tenuis*, especialmente las soluciones de Rz-A (3% de emergencia) y Pc-A (inhibición total).

Con respecto al objetivo específico de determinar si existía un efecto diferencial de las soluciones provenientes de las distintas partes de *B. ulicina* (raíz, parte aérea y planta completa), los tejidos con los que se realizaron las soluciones demostraron respuestas variables según la especie. Considerando ambos procesos, se determinó un mayor efecto de la solución de planta completa para las dos especies nativas, por lo que es posible inferir que el/los compuesto/s involucrado/s no tendría/n un único origen dentro *B. ulicina*, o al menos tanto la parte aérea como la raíz estarían involucradas en su síntesis y/o almacenamiento. En *A. sativa* y *L. perenne* se registraron mayores efectos por parte de las

soluciones realizadas con la raíz de *B. ulicina*; mientras que, en *R. sativus* no se pudo establecer una solución que se destaque sobre el resto.

En cuanto al objetivo específico de dilucidar la importancia de las concentraciones de los extractos en las respuestas obtenidas, se registró una importante influencia de la misma. Considerando la totalidad de las evaluaciones realizadas, el 62% de los extractos con alta concentración disminuyeron el porcentaje de germinación con respecto a su testigo. Sin embargo, entre las soluciones con bajas concentraciones, sólo el 25% redujo la germinación con respecto al testigo. La concentración de las soluciones se reflejó con gran magnitud en la velocidad de germinación: el 90% de las soluciones en alta concentración impactaron sobre dicho parámetro. El proceso de establecimiento fue afectado por el 57% de las evaluaciones que involucraron soluciones con alta concentración de tejidos de *B. ulicina*.

Se registró una importante variación interanual en los resultados obtenidos. La germinación evidenció diferencias entre años en tres de las especies evaluadas (*N. tenuis*, *A. sativa* y *R. sativus*), con los mayores niveles de germinación en las soluciones pertenecientes al año 2012. En las evaluaciones realizadas sobre el establecimiento, sólo *N. clarazii* y *A. sativa* exhibieron diferencias entre años. Contrariamente a lo detectado sobre la germinación, el establecimiento fue mayor para las soluciones de 2011. El hecho de cada proceso resulte más afectado por soluciones de distintos años permite inferir que los compuestos involucrados en el efecto sobre la germinación y el establecimiento no serían los mismos. La variación entre años podría deberse a la síntesis diferencial de aleloquímicos por parte de *B. ulicina* en respuesta a efectos ambientales específicos.

El estudio realizado tiene un importante valor práctico, ya que confirma la presencia en *B. ulicina* de un metabolito secundario, o conjunto de ellos, responsable/s de causar efectos inhibitorios sobre la germinación y establecimiento de otras especies. La liberación al ambiente por parte de *B. ulicina* de dicho/s compuesto/s fitotóxicos, de ocurrir en los términos determinados en el presente estudio, podría convertirse en una importante ventaja ecológica con respecto a ciertas especies del pastizal.

Capítulo VI

“Respuesta de *Baccharis ulicina* a diversas técnicas de control (corte, quema controlada y control químico)”

6.1 Introducción

6.1.1 Manejo de malezas

En ambientes como los pastizales naturales suelen abundar las malezas perennes (Frick y Thomas, 1992). Muchas de las metodologías de control que se efectúan sobre estas especies no son completamente exitosas, ya que sólo eliminan la parte aérea temporalmente. Si la planta conserva la capacidad de rebrotar, en poco tiempo formará un nuevo vástago y retornará a la situación inicial (Derr, 2008). Por este motivo, es fundamental realizar estudios de aspectos biológicos y ecológicos de las malezas del pastizal, a fin de establecer estrategias de manejo eficientes. En este sentido es de suma importancia detectar el momento del ciclo de vida de la especie problema en el que demuestra mayor susceptibilidad a los diferentes metodologías de control (Fernández *et al.*, 2014).

La elección de la práctica de manejo que se va a implementar está basada en una amplia variedad de factores. En este sentido, es crítico el conocimiento de las diversas herramientas que pueden ser utilizadas en el control de malezas (Monquero, 2014) y del costo/beneficio de las potenciales medidas de manejo (Sheley *et al.* 2014). Entre los tipos de control más difundidos se encuentran:

-Control preventivo: conjunto de prácticas que sirven para prevenir la introducción y el establecimiento de malezas. Ej.: utilización de cultivos de cobertura (Bunch, 2004; Price y Norsworthy, 2013).

-Control cultural: conjunto de prácticas relacionadas al manejo de los sistemas agropecuarios que limitan el desarrollo de las malezas. Ej: elección de la densidad de siembra de un cultivo (Weiner *et al.*, 2001).

-Control Biológico: basado en el uso de enemigos naturales como hongos, bacterias, virus o insectos para reducir las poblaciones de malezas. Un ejemplo clásico es el control de *Opuntia* spp. (Cactaceae) a través de *Cactoblaslis* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) (McFadyen, 1985).

-Control Físico: consiste en el empleo de un agente físico (agua, fuego, etc.). Ej: La utilización del fuego a través de quemas controladas o prescriptas, principalmente en pastizales (O'Brien, 2014).

-Control Mecánico: eliminación manual o mecanizada a través de implementos. Ej: la técnica de corte (Gunsolus, 1990; Deguchi *et al.*, 2014).

-Control Químico: consiste en el empleo de herbicidas, es decir, productos químicos con efecto fitotóxico, los cuales una vez aplicados retrasan o inhiben total o parcialmente el crecimiento de las plantas a través de la interferencia de procesos bioquímicos y/o fisiológicos esenciales (Ashton y Crafts, 1973; Zimdahl, 2013).

El empleo de un sistema de manejo de malezas sustentable que combina razonablemente varias estrategias de control a fin de reducir el impacto de las malezas a un nivel económicamente aceptable se conoce como manejo integrado de malezas (Fernández, 1982; Fernández *et al.*, 2014). Entre todas las opciones de control mencionadas, se desarrollaran en el presente estudio las tres que se consideran más propicias para el manejo de *B. ulicina* sobre pastizales naturales: la quema, el corte y el control químico.

6.1.2 Quema

El fuego es una de las perturbaciones más importantes a las que están sometidos los ecosistemas terrestres del mundo (Bond *et al.*, 2005). Durante miles de años el hombre ha utilizado la práctica del fuego como una herramienta para favorecer determinadas condiciones en el ambiente donde se desarrolla (Pausas y Keeley, 2009). La quema es una práctica común en ciertos pastizales que sostienen sistemas ganaderos, y persiguen el objetivo de reducir la competencia de las especies leñosas por agua, nutrientes y espacio, así como de eliminar el forraje de baja calidad que ha llegado a la madurez (Smith y Martin, 1995). El uso apropiado del fuego puede representar una estrategia adecuada para la recuperación de la vegetación y el control de malezas leñosas y arbustivas (Distel y Bóo, 1996).

Dentro de las quemas realizadas bajo supervisión del hombre existen dos tipos: la quema controlada y la quema prescrita (FAO, 1996). La quema controlada consiste en una técnica mediante la cual se quema la vegetación bajo condiciones tales que permiten estimar que el fuego no se “escapará” de una determinada área. Mientras que una quema prescrita, también es llevada a cabo dentro de una determinada área, pero es efectuada bajo condiciones predeterminadas que permiten alcanzar objetivos de manejo preestablecidos (Brown *et al.*, 1991).

Las plantas adaptadas al fuego toman una o más señales de los cambios ocurridos en el ambiente y pueden adaptar su desarrollo y fisiología para optimizar el crecimiento y el éxito reproductivo en las nuevas condiciones generadas por el fuego (Dixon *et al.*, 2009). La recuperación de las plantas luego de la ocurrencia de un fuego se da por diferentes mecanismos, siendo uno de los más comunes el rebrote desde meristemas del tallo que no fueron afectados por el fuego (Bradshaw *et al.*, 2011). Esta capacidad difiere entre especies, siendo algunas plantas más adaptadas que otras (Debano *et al.*, 1998). Entre los factores influyentes en la respuesta de una planta al fuego son citados el tamaño de planta previo a la quema y la proximidad de la misma a una especie leñosa (Whelan, 1995).

La importancia del fuego en el Distrito Fitogeográfico del Calden (“caldenal”) ha sido un tema desarrollado por varios investigadores pertenecientes al Departamento de Agronomía de la UNS y el Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS) (Bóo, 1980,1990; Busso *et al.*, 1993; Distel y Bóo 1996; Bóo *et al.*, 1996, 1997; Peláez *et al.*, 2003; Peláez *et al.*, 2012).

De acuerdo a lo descripto, la quema no es en verdad una herramienta de control de *B. ulicina* en sí misma, sino una práctica dentro del manejo del pastizal que puede contribuir al control de la especie.

6.1.3 Control mecánico

El corte es una forma relativamente económica de control mecánico que no disturba el suelo y puede ser utilizada para reducir las labores de labranza, el uso de herbicidas e

incluso el control manual (Wehtje *et al.*, 1999; Donald, 2000; Bond y Grundy, 2001). Es una herramienta efectiva de control que se utiliza más asiduamente en el mantenimiento de áreas de tamaño limitado como predios o banquinas, pero su adopción a grandes áreas como son los pastizales, es ciertamente dificultosa (Zimdahl, 2013).

La realización de cortes regulares en pastizales puede limitar la abundancia de especies de mayor porte (Matthias *et al.*, 2001; Rudmann-Maurer *et al.*, 2008). Esto se debe, simplemente a que la biomasa extraída es mayor proporcionalmente con respecto a plantas más pequeñas (Klimes y Klimesova, 2001). Algunas experiencias demuestran que el corte puede ser utilizado para reducir la población de una determinada maleza en el tiempo (Tipping, 2008). Las diferentes especies de malezas tienen distinta susceptibilidad al corte de acuerdo a la frecuencia y a la altura en que se realicen los mismos (Butler *et al.*, 2013).

6.1.4 Control químico

Los herbicidas constituyen una herramienta fundamental en el control de malezas en los sistemas agropecuarios. Esto se debe a que brindan la posibilidad de controlar malezas en gran escala, con productos selectivos, sumado a su relativo bajo costo y simplicidad en la aplicación (Shaner y Beckie, 2014). El control químico es el método de control de malezas más utilizado en nuestro país (Scursoni, 2009). Según las últimas estadísticas disponibles de CASAFE (2011), los herbicidas ocupan un 77% del total de productos fitosanitarios utilizados en Argentina, alcanzando un volumen de 245,7 millones de kg/l.

Para el control de especies semiarbustivas y arbustivas, habitualmente se utilizan herbicidas como dicamba, clopiralid y aminopiralid (Zimdahl, 2013). Aunque el uso de estos principios activos generalmente está destinado al control de especies de mayor porte que *B. ulicina* y su uso implica un mayor costo. Por este motivo, en la región de estudio, es común observar la utilización de herbicidas más económicos y de mayor espectro de control, como glifosato y 2,4-D, para el control de especies perennes.

El glifosato (N-(fosfometil) glicina) es un herbicida no selectivo, de uso post-emergente y con acción sistémica, cuya movilización se realiza con mayor facilidad cuando

las malezas están en pleno crecimiento (Baylis, 2000; Duke y Powles, 2008; Dill *et al.*, 2008).

El 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) es una auxina sintética con acción selectiva sobre especies latifoliadas, de uso postemergente y efecto sistémico (Biederbeck *et al.*, 1987; Hermosín *et al.*, 2006; Egan *et al.*, 2014). Frecuentemente, este herbicida se utiliza en combinación con glifosato para lograr una mayor eficiencia en el control de malezas (Flint y Barrett, 1989).

No existen hasta la actualidad registros de control de *B. ulicina* por medio de las técnicas de corte o quema controlada, motivo por el cual, el presente estudio propone realizar experiencias que permitan dilucidar la potencial importancia de estas herramientas dentro del manejo de la especie. Los herbicidas glifosato y 2,4-D son frecuentemente utilizados para el control de especies perennes; sin embargo, en los marbetes de ninguno de los dos productos existen recomendaciones sobre las dosis para *B. ulicina*. Por este motivo, cobra una gran relevancia la realización del presente estudio, que permitirá establecer el uso adecuado de dichos productos en el control de *B. ulicina*.

6.1.5 Hipótesis

a. Es posible lograr niveles de 90% de control de *B. ulicina* mediante la utilización de herramientas como la quema controlada, el corte mecánico y/o el control químico.

Sustento de la hipótesis

Las malezas perennes ofrecen grandes dificultades para su control, ya que cuentan con la capacidad de almacenar reservas para futuros rebrotes, hecho que les confiere una ventaja competitiva respecto a las malezas anuales (Ross y Lembi, 1999). A través de la quema controlada, Allain y Grace (2001) lograron una mortalidad inicial de *B. halimifolia* de 43% en pastizales naturales de Texas, Estados Unidos. Con respecto al corte como herramienta de control, Benefield *et al.* (1999) demostraron que es posible obtener controles exitosos de *Centaurea solstitialis* utilizando dicha práctica en la etapa fenológica adecuada. En cuanto a la utilización de herbicidas en el manejo de malezas dentro del género *Baccharis*, Ferri *et al.* (1998) lograron un control total sobre *B. trimera*, utilizando dosis de 1.080 g de ea.ha⁻¹ de glifosato.

En el marco de la definición del nivel de control que se pretende alcanzar, es importante considerar que *B. ulicina* se trata de una especie nativa del pastizal natural. Por esta razón, no se persigue la intención de lograr una supresión de la especie a niveles mínimos, sino que plantea el objetivo de reestablecer los niveles poblacionales a los identificados previamente a los años de sequía de la manera más rápida posible. Según los registros disponibles para la localidad de Patagones, la densidad promedio de *B. ulicina* en 2005 (previo a la sucesión de años de sequía) era equivalente a 32 plantas.100 m⁻², con valores máximos de 105 plantas.100 m⁻². En 2009 (último año de sequía), la densidad media de *B. ulicina* incrementó a 43 plantas.100 m⁻², manteniendo máximos de 101 plantas. 100 m⁻². En 2011, la densidad media de *B. ulicina* había alcanzado las 50 plantas. 100 m⁻², con máximos de 223 plantas. 100 m⁻² (Peláez, información sin publicar). Considerando las máximas densidades registradas en 2005 y 2009, niveles de control del 70% permitirían cumplir el objetivo de alcanzar los niveles poblacionales similares a los establecidos en

2005. Sin embargo, si se consideran las máximas densidades registradas en 2011 (223 plantas. 100 m⁻²), son necesarios controles de 90% para reducir la población de *B. ulicina* a niveles aproximados a los registrados en 2005. Por este motivo, se propone un umbral de control de 90% para densidades superiores a 220 plantas. 100 m⁻².

Previsión

a. Se lograrán controles de *B. ulicina* que permitan alcanzar niveles de equilibrio con las especies deseables del pastizal natural (densidades previas a la sucesión de años de sequía) utilizando las prácticas de quema controlada, corte mecánico y/o el control químico.

6.1.6 Objetivos

Objetivo general

Alcanzar los niveles de control de *B. ulicina* definidos como aceptables, a través de la utilización de herramientas de control fácilmente disponibles para los productores de la región, tales como la quema controlada, el corte mecánico y el control químico.

Objetivos específicos

- Determinar el detrimento que causa el fuego sobre *B. ulicina* y evaluar la incidencia que ejercen el tamaño de planta quemada y la proximidad de especies leñosas.
- Estudiar el efecto de la práctica de corte sobre *B. ulicina*, considerando tanto el número de cortes, como el estado fenológico y la altura de la plantas.
- Elaborar curvas de dosis-respuesta de los dos herbicidas más comúnmente utilizados (glifosato y 2,4-D) sobre tres estadios fenológicos de *B. ulicina*.
- Identificar la mínima dosis de los herbicidas, aplicada en estadios fenológicos diferentes, capaz de ejercer un control eficiente sobre *B. ulicina*.
- Evaluar mezclas de subdosis de los herbicidas glifosato y 2,4-D, a fin de estimar si la potencial sinergia entre ambos permitiría lograr controles aceptables de *B. ulicina* minimizando la cantidad de producto aplicado.

6.2 Materiales y Métodos

6.2.1 Quema controlada

En la Chacra Experimental del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires se seleccionaron dos potreros (40°39'2.48"S 62°52'44.83"O y 40°40'12.59"S 62°54'31.60"O) con el objetivo de realizar una quema controlada en marzo de 2011 y evaluar el efecto del fuego sobre *B. ulicina*. Lamentablemente, las condiciones climáticas no hicieron posible la quema en uno de ellos, de manera que sólo se utilizó el restante. El procedimiento de la quema fue llevado a cabo por el Dr. Daniel Peláez, profesor titular de la Cátedra Producción y Utilización de Pasturas del Departamento de Agronomía de la UNS.

Dado que el tamaño de la planta previo a la quema y la proximidad de la misma a una especie leñosa son citados como factores influyentes en la respuesta de una planta al fuego, ambas variables fueron evaluadas en el presente estudio (Whelan, 1995). En cuanto al tamaño de planta se establecieron tres factores: plantas pequeñas (0-20 cm de diámetro), plantas medianas (20-40 cm de diámetro) y plantas grandes (40-60 cm de diámetro). Para la segunda variable se utilizaron dos factores: plantas próximas a una especie leñosa (no más de 50 cm de distancia) y plantas aisladas de especies leñosas. De esta forma quedaron establecidos los seis tratamientos evaluados, para cada uno se utilizaron siete repeticiones. Para su evaluación fueron marcadas las siete plantas correspondientes a cada tratamiento dentro del potrero con estacas metálicas para poder reconocerlas luego del tratamiento de fuego.

El día 23 de marzo de 2011 se realizó la quema, que tuvo una duración aproximada de media hora. Algunas características de las condiciones ambientales al momento de la quema pueden observarse en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1. Condiciones ambientales al momento de la quema.

| Condiciones ambientales | | 12:30 | 13:00 |
|----------------------------|-------------------------|-------|-------|
| Temperatura del suelo (°C) | superficie | 18,9 | 20 |
| | 5 cm | 16,1 | 16,1 |
| | 20 cm | 17,2 | 17,2 |
| Humedad del aire (%) | | 28 | 28 |
| Temperatura del aire (°C) | | 21,8 | 22,4 |
| Viento | velocidad media (km/h) | 19,3 | 19,3 |
| | dirección | NO | ONO |
| | velocidad máxima (km/h) | 30,6 | 33,8 |

Las temperaturas alcanzadas durante la quema fueron medidas simultáneamente con ocho termocuplas tipo K (chromel-alumel) dispuestas a nivel de superficie del suelo en áreas con diferente acumulación de combustible fino (Boo *et al.*, 1996). Las termocuplas se conectaron a un datalogger Campbell 21 XL que fue enterrado a 1 m de profundidad (Fig. 6.1). La máxima temperatura alcanzada fue de 560°C.



Figura 6.1. Data logger que permitió el registro de las temperaturas tomadas por las termocuplas durante la quema. Fuente: Ithurrt, 2015.

Se cuantificó la cantidad de combustible fino por medio de la recolección de todo el material vegetal de diámetro ≤ 3 mm existente en 10 parcelas de un 1 m². El combustible fino acumulado al momento de realizar la quema controlada fue de 3.887,6 kg.ha⁻¹. El lote donde se efectuó la quema corresponde a una clausura de 3 ha, donde no se permitió ingresar al ganado durante años, motivo por el cual contaba con dicha acumulación de combustible fino como para permitir que el fuego se propague.

Se registró la altura y el diámetro de las plantas marcadas previamente a la quema, y a los 6, 12 y 24 meses de realizada la misma. Finalmente, a los 24 meses las plantas marcadas fueron cosechadas y llevadas a estufa a 60 °C durante 96 h a fin de calcular su materia seca (MS).

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con estructura factorial. Los factores considerados fueron: tamaño original de las plantas y condición respecto a la cercanía de especies leñosas. Los datos resultantes de las evaluaciones de altura y diámetro de planta fueron sometidos a un ANOVA doble, previa comprobación de los supuestos. Dicho análisis fue realizado para cada una de las fechas de muestreo: pre-quema, 6, 12 y 24 meses posteriores. Cuando existieron diferencias, las medias fueron separadas por medio de un test de Tukey ($p < 0,05$). Los resultados de MS final obtenidos también fueron sometidos a ANOVA doble donde se utilizaron los mismos factores. Previamente se comprobaron los supuestos de homogeneidad de normalidad y varianza. Las medias fueron separadas por medio de un test de Tukey ($p < 0,05$). Para la realización de los análisis estadísticos se utilizó el programa INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

6.2.2 Control mecánico

El presente estudio fue realizado en las instalaciones de CERZOS, CCT Bahía Blanca durante el año 2014 y principios de 2015, coincidiendo con el ciclo natural de la especie. En poblaciones naturales de *B. ulicina* presentes en las inmediaciones del instituto se cosecharon semillas en el mes de febrero de 2014 y luego se dispusieron a germinar sobre macetas con 3000 cm³ de suelo franco-arenoso (64% arena, 15% limo y 21% arcilla) tamizado. Una vez asegurado el establecimiento de las plántulas se procedió al raleo de las mismas, de modo de conservar sólo una planta por maceta. Las plantas crecieron bajo condiciones de invernáculo (T: 19,7 ± 5,4°C, HR: 31 ± 5%) y fueron regadas de manera que el agua nunca fuera limitante.

Los tratamientos combinaron dos variables: la altura de la planta a la que se realizó el corte y la frecuencia de corte. Por un lado, se establecieron tres alturas de corte diferente con respecto a la superficie del suelo: A=2,5 cm, B=7,5 cm y C=12,5 cm. Por otro lado, bajo el término frecuencia de corte se consideró una combinación entre el número de cortes y el estadio fenológico de *B. ulicina* en que se realizaron los mismos. Ante la imposibilidad de considerarlos por separado se combinaron en una única variable. Es decir, se asignó como factor de frecuencia de corte a cortes realizados en cada uno de los siguientes estadios fenológicos y a las posibles combinaciones de ellos:

- 1- Estado Vegetativo Temprano (EVT): tres meses de crecimiento,
- 2- Estado Vegetativo Avanzado (EVA): seis meses de crecimiento, y
- 3- Estado de Prefloración (EPF): 20% de las plantas con flores (aproximadamente nueve meses de crecimiento).

De esta forma, se establecieron los siguientes tratamientos de frecuencia de corte: 1 (un corte en EVT), 2 (un corte en EVA), 3 (un corte en EPF), 4 (un corte en EVT más un corte en EVA), 5 (un corte en EVT más un corte en EPF), 6 (un corte en EVA más un corte en EPF) y 7 (un corte en cada estado).

Además, se utilizó un tratamiento testigo que no recibió ningún corte hasta el final del ensayo a fin de poder realizar la comparación con los distintos tratamientos de corte efectuados. De esta forma, se evaluaron 22 tratamientos con ocho repeticiones cada uno (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Esquema de los tratamientos de corte evaluados sobre *B. ulicina* de acuerdo a la altura de la planta y al momento de corte (contemplando tanto el número de cortes como el estado fenológico de la planta).

| Altura de corte | Tratamiento | Frecuencia de corte | | |
|-----------------|-------------|---------------------|---------|---------|
| | | EVT | EVA | EPF |
| A | 1 | 2,5 cm | | |
| A | 2 | | 2,5 cm | |
| A | 3 | | | 2,5 cm |
| A | 4 | 2,5 cm | 2,5 cm | |
| A | 5 | 2,5 cm | | 2,5 cm |
| A | 6 | | 2,5 cm | 2,5 cm |
| A | 7 | 2,5 cm | 2,5 cm | 2,5 cm |
| B | 1 | 7,5 cm | | |
| B | 2 | | 7,5 cm | |
| B | 3 | | | 7,5 cm |
| B | 4 | 7,5 cm | 7,5 cm | |
| B | 5 | 7,5 cm | | 7,5 cm |
| B | 6 | | 7,5 cm | 7,5 cm |
| B | 7 | 7,5 cm | 7,5 cm | 7,5 cm |
| C | 1 | 12,5 cm | | |
| C | 2 | | 12,5 cm | |
| C | 3 | | | 12,5 cm |
| C | 4 | 12,5 cm | 12,5 cm | |
| C | 5 | 12,5 cm | | 12,5 cm |
| C | 6 | | 12,5 cm | 12,5 cm |
| C | 7 | 12,5 cm | 12,5 cm | 12,5 cm |
| Testigo | | | | |

Al año de crecimiento, cuando todas las plantas se encontraban en pleno estado reproductivo, se procedió a registrar la altura, la cantidad de capítulos producidos y se cosechó la parte aérea para estimar su MS. Para esto, las partes aéreas de las plantas cosechadas se colocaron en estufa a 60°C durante 96 horas.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con estructura factorial. Los factores fueron la altura y la frecuencia de corte. Los resultados obtenidos en las

evaluaciones de MS final de las plantas, altura final de las plantas y producción de capítulos fueron sometidos a un ANOVA doble, previa comprobación de los supuestos. Cuando existieron diferencias, las medias fueron separadas por medio de un test de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el programa INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

6.2.3 Control químico

A fin de hallar metodologías efectivas para el control químico de *B. ulicina*, se evaluaron una serie de tratamientos con herbicidas en un estudio realizado entre febrero de 2014 a marzo de 2015 en las instalaciones de CERZOS, CCT CONICET Bahía Blanca.

Dichas evaluaciones se realizaron sobre cada uno de los siguientes estadios fenológicos de *B. ulicina*:

Estadio Vegetativo Temprano (EVT) = Plantas con tres meses de crecimiento.

Estadio Vegetativo Avanzado (EVA) = Plantas con siete meses de crecimiento.

Estado Reproductivo (ER) = Plantas con once meses de crecimiento, comenzando a producir semillas.

Para ello se dispusieron la totalidad de las plantas a crecer en coincidencia con el ciclo anual de crecimiento de la especie y se fueron realizando las evaluaciones en los estadios fenológicos correspondientes (Fig. 6.2).

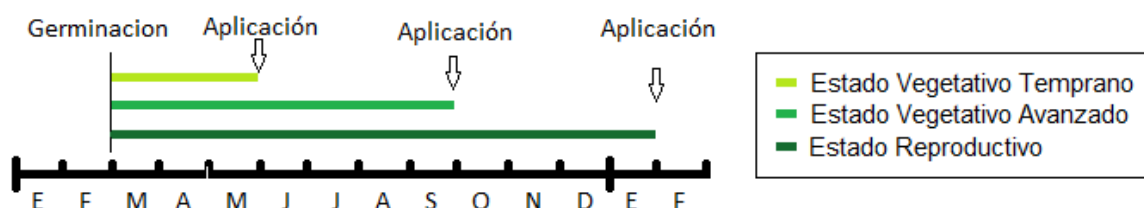


Figura 6.2. Esquema de aplicaciones de los tratamientos herbicidas sobre los distintos estadios fenológicos de *B. ulicina*

Algunas características de las plantas al momento de ser tratadas pueden observarse en la Tabla 6.3. La unidad experimental utilizada consistió en una maceta conteniendo cuatro plantas para el EVT y una planta para EVA y ER, asemejándose a la densidad en condiciones naturales de campo para cada estadio fenológico. Fueron utilizadas macetas de

800 cm³ para las plantas en EVT, de 1500 cm³ para las plantas en EVA y 3000 cm³ para las plantas en ER, rellenas con suelo franco-arenoso (64% arena, 15% limo y 21% arcilla) característico de la región, previo tamizado. Se cosecharon semillas de *B. ulicina* de una población natural cercana a las instalaciones de CERZOS y se colocaron semillas a germinar en condiciones de invernáculo (T: 20,5 ± 6,2°C, HR: 31 ± 9%), en coincidencia con ciclo anual de crecimiento de la especie. Una vez asegurado su establecimiento, las plántulas fueron raleadas hasta obtener la densidad deseada y fueron colocadas en el exterior hasta el momento de ser pulverizadas para lograr la rustificación de las mismas.

El estudio consistió en la evaluación de dosis logarítmicas crecientes de los herbicidas glifosato (Roundup Full II. Sal potásica. LS. Pa: 66,2%. ea: 54%.) y 2,4-D (Asimax 50. Amina. LS. Pa: 60,2%. ea: 50%.) con el objeto de obtener las curvas de dosis-respuesta correspondientes. Se tomaron como dosis recomendadas (X) aquellas sugeridas por la Guía de Productos Fitosanitarios (CASAFE, 2011) para especies de características morfo-anatómicas similares. Dichas dosis fueron 1215 g e.a. ha⁻¹ para glifosato, y 875 g e.a. ha⁻¹ para 2,4-D. Se evaluaron las dosis 1/32X, 1/16X, 1/8X, 1/4X, 1/2X, X y 2X de ambos herbicidas y para 2,4-D se adicionaron los tratamientos 4X y 8X, ya que ensayos preliminares demostraron poca efectividad de dicho principio activo sobre *B. ulicina*. Para cada estadio fenológico de planta se dejaron dos tratamientos sin recibir aplicaciones, uno de ellos se utilizó para caracterizar las plantas al momento de la aplicación (Tabla 6.3) y el otro como testigo, al que se le pulverizó agua destilada en el momento en que se realizaron los tratamientos herbicidas.

Además, se evaluaron combinaciones de subdosis de ambos herbicidas para determinar si un potencial efecto sinérgico entre ambos principios activos permitiría lograr controles eficientes minimizando las cantidades de herbicida a utilizar (Tabla 6.4). Por cada tratamiento fueron utilizadas ocho réplicas.

Tabla 6.3. Caracterización de las plantas correspondientes a los tres estados fenológicos al momento de las aplicaciones.

| | EVT | | EVA | | ER | |
|--------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | Media | Desvio | Media | Desvio | Media | Desvio |
| MS (g) | 0,05 | 0,02 | 0,82 | 0,59 | 3,82 | 1,45 |
| Altura (cm) | 8,3 | 2,7 | 28,0 | 5,7 | 41,4 | 10,7 |
| Hojas | 29,7 | 13,4 | 184,8 | 72,1 | 559,1 | 250,9 |
| GDC* | 620 | | 900 | | 1850 | |

* GDC= Grados Día de Crecimiento acumulados

Tabla 6.4. Dosis de glifosato, 2,4-D y combinaciones de ambos herbicidas evaluadas sobre tres estados fenológicos de *B. ulicina*, expresadas como proporción de la dosis recomendada (X) y en gramos de equivalente ácido por hectárea (g e.a. ha⁻¹)

| Glifosato | | | 2,4-D | | | Glifosato + | | | 2,4-D | | |
|-----------|-----------|-------------------------|-------|-----------|-------------------------|-------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----|
| ID | Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | ID | Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | ID | Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | |
| 1 | 1/32 | 38 | 8 | 1/32 | 27 | 17 | 1/8 | 152 | + | 1/2 | 438 |
| 2 | 1/16 | 76 | 9 | 1/16 | 55 | 18 | 1/4 | 304 | + | 1/2 | 438 |
| 3 | 1/8 | 152 | 10 | 1/8 | 109 | 19 | 1/2 | 608 | + | 1/2 | 438 |
| 4 | 1/4 | 304 | 11 | 1/4 | 219 | 20 | 1/2 | 608 | + | 1/4 | 219 |
| 5 | 1/2 | 608 | 12 | 1/2 | 438 | 21 | 1/2 | 608 | + | 1/8 | 109 |
| 6 | 1 | 1215 | 13 | 1 | 875 | 22 | 3/4 | 911 | + | 1/2 | 438 |
| 7 | 2 | 2430 | 14 | 2 | 1750 | 23 | 1/2 | 608 | + | 3/4 | 656 |
| | | | 15 | 4 | 3500 | | | | | | |
| | | | 16 | 8 | 7000 | | | | | | |

En cada una de las aplicaciones realizadas se prepararon botellas plásticas limpias de igual tamaño, conteniendo cada una de ellas el producto (o mezcla de ellos) a la/s dosis establecida/s. Se prepararon adicionando las cantidades precisas del herbicida mediante el uso de pipetas. El volumen total de caldo de aplicación fue medido en probetas de vidrio para asegurar la homogeneidad entre los tratamientos, usando un equivalente a 100 l.ha⁻¹.

La aplicación de los herbicidas se realizó bajo condiciones controladas de laboratorio utilizando una máquina pulverizadora con cinta transportadora (Fig. 6.3) a una velocidad de 4,2 km/h. En todas las ocasiones, el dispositivo pulverizador fue previamente calibrado para asegurar el suministro de la dosis deseada. Dicho equipo permite realizar pulverizaciones en un ambiente hermético, y de esta forma se evita cualquier tipo de deriva y se optimiza la

seguridad de la aplicación. En las tres aplicaciones se utilizó una pastilla Bail 11002, con un filtro 50 y una presión de 37 lb.in⁻², y un ángulo de aspersión de 110°.



Figura 6.3. a- Vista general del equipo. b- Dispositivo pulverizador. c- Cinta transportadora. d- Plantas de *B. ulicina* en EVT próximas a aplicarse.

Para la manipulación de los herbicidas, preparado de las botellas con los distintos tratamientos, utilización de la máquina pulverizadora y manipulación de las plantas tratadas, fueron utilizados los elementos de seguridad correspondientes: máscara de cara completa, mamelucos descartables, guantes, botas, etc. Para corroborar que la calidad de las aplicaciones fue la adecuada se hicieron circular tarjetas hidrosensibles por la cinta transportadora en medio de las aplicaciones (Fig. 6.4). Para tal fin se tomaron imágenes digitales de las tarjetas y se utilizó la herramienta informática DepositScan (Zhu *et al.*, 2011) con el Software Image J (Abramoff *et al.*, 2004). A partir de las imágenes se determinó el diámetro de la gota que posee el volumen promedio entre todas las gotas (diámetro

volumétrico medio), el tamaño de gota que se ubica exactamente en la mitad del espectro en cuanto al número de gotas producidas (diámetro numérico medio) y el número de impactos por cm² (Tabla 6.10).

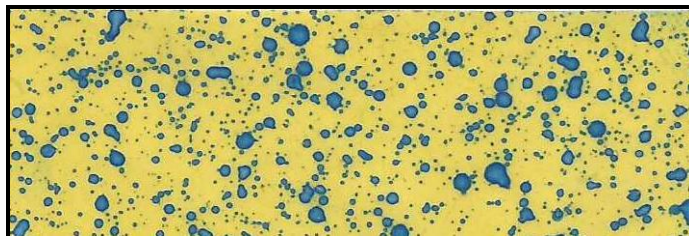


Figura 6.4. Tarjeta hidrosensible utilizada para evaluar la calidad de aplicación.

Al final del experimento (28 días), se cosecharon aquellas plantas que sobrevivieron y se determinó la materia seca de cada planta colocándolas 96 hs en estufa de secado a 60°C.

Con los valores obtenidos de MS de las plantas luego de las correspondientes aplicaciones de glifosato y 2,4-D, se efectuaron regresiones para cada herbicida y estado fenológico. Se utilizó para ello el ampliamente difundido modelo Log Logístico de cuatro parámetros (Seefeldt *et al.*, 1995; Cui *et al.*, 2015; Elmore *et al.*, 2015):

$$Y = \frac{C + (D - C)}{1 + (x/GR_{50})^b}$$

donde Y es la MS (g), X es la dosis del herbicida (proporcional de x=dosis recomendada), C es el límite inferior de la curva de respuesta al herbicida en altas dosis, D es el límite superior cuando la dosis de herbicida es 0, b es la pendiente de la curva alrededor de GR₅₀, y GR₅₀ es la dosis que reduce la MS en 50% (Seefeldt *et al.*, 1995). Cuanto menor es el valor GR₅₀, menos dosis se necesita para alcanzar el 50% de control, y por ende más eficiente es la aplicación.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado. Para determinar si las diferentes combinaciones de subdosis de glifosato y 2,4-D permitirían alcanzar una eficiencia comparable a las dosis X y 2X de ambos principios activos por separado, todos estos tratamientos se analizaron conjuntamente. Los datos de MS obtenidos en los distintos tratamientos fueron transformados a porcentaje de control utilizando la MS del testigo como

referencia (0% de control), para cada uno de los estados fenológicos. Estos datos fueron sometidos a ANOVA, previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Las medias fueron separadas por el test de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2008).

6.3 Resultados y discusión

6.3.1 Quema controlada

Ninguna de las plantas evaluadas murió luego de la quema, pero se observaron efectos, sobre la altura y la MS final de las mismas.

Evaluación de la altura de las plantas

No se encontraron interacciones entre la altura y la condición de proximidad a una especie leñosa, tanto en el muestreo previo a la quema, como a los 6, 12 o 24 meses posteriores a la misma ($F=0,78$ $p=0,466$; $F=0,48$ $p=0,6249$; $F=1,31$ $p=0,2835$; $F=2,04$ $p=0,145$; respectivamente). Tampoco se registraron diferencias entre plantas en diferente condición respecto a la cercanía de especies leñosas en ninguno de los muestreos: previo a la quema, 6, 12 o 24 meses posteriores a la misma ($F=0,09$ $p=0,7661$; $F=0,58$ $p=0,4513$; $F=1,65$ $p=0,207$; $F=0,01$ $p=0,9339$; respectivamente). Sin embargo, se hallaron diferencias entre tamaños de plantas en todos los muestreos: previo a la quema ($F=4,43$ $p=0,0191$), a los 6 meses ($F=6,28$ $p=0,0046$), 12 meses ($F=5,15$ $p=0,0108$) y 24 meses ($F=6,01$ $p=0,0056$). Por lo tanto, los datos de altura fueron agrupados por tamaño de plantas en cada una de las fechas de muestreo (Tabla 6.5).

Tabla 6.5. Altura de plantas de *B. ulicina* previo a la realización de una quema controlada (marzo de 2011), y a los 6, 12 y 24 meses posteriores a la misma en la localidad de Patagones.

| Tamaño original de la planta | Altura (cm)* | | | |
|--------------------------------|--------------|------------|----------|----------|
| | Pre-quema | Post-quema | | |
| | | 6 meses | 12 meses | 24 meses |
| Pequeñas (0-20 cm de diámetro) | 30,5 B | 20,3 B | 21,9 B | 20,1 B |
| Medianas (0-40 cm de diámetro) | 35,6 AB | 31,9 A | 30,4 A | 28,0 A |
| Grandes (40-60 cm de diámetro) | 39,1 A | 26,9 AB | 24,4 AB | 19,2 B |

*Medias seguidas por una misma letra, dentro de cada columna, no difieren entre sí según Tukey ($p<0,05$).

En el momento previo a la quema, la altura de las plantas de menor diámetro no se diferenciaba de la altura de las plantas de diámetro intermedio. Sin embargo, luego de la

realización del fuego, la altura registrada para las plantas pequeñas fue siempre menor a las plantas medianas, con una diferencia media entre muestreos de 8,5 cm. De manera contraria, en el muestreo previo a la ocurrencia del fuego, la altura de las plantas de 0-20 cm de diámetro y la correspondiente a las plantas de 40-60 cm de diámetro evidenciaron una diferencia significativa que dejó de reflejarse posteriormente a la quema (Tabla 6.5). Al finalizar el estudio, las plantas de tamaño mediano tuvieron mayor altura que los otros dos tamaños (Tabla 6.5).

Evaluación del diámetro de las plantas

No se encontraron interacciones entre el diámetro de las plantas y la condición de proximidad a una especie leñosa tanto en el muestreo previo a la quema, como a los 6, 12 o 24 meses posteriores a la misma ($F=0,88$ $p=0,4238$; $F=0,48$ $p=0,6221$; $F=0,41$ $p=0,668$; $F=0,71$ $p=0,4972$; respectivamente). Tampoco se registraron diferencias entre plantas en diferente condición respecto a la cercanía de especies leñosas en ninguno de los muestreos: previo a la quema, 6, 12 o 24 meses posteriores a la misma ($F=0,09$ $p=0,7695$; $F=0,03$ $p=0,8746$; $F=0,33$ $p=0,5704$; $F=2,61$ $p=0,1148$; respectivamente). Por el contrario, se hallaron diferencias entre tamaños de plantas en todos los muestreos: previo a la quema ($F=266,47$ $p<0,0001$), a los 6 meses ($F=33,21$ $p<0,0001$), 12 meses ($F=19,59$ $p<0,0001$) y 24 meses ($F=20,66$ $p<0,0001$) posteriores a la misma. Por lo tanto, los datos fueron agrupados por tamaño de plantas para cada una de las fechas de muestreo (Tabla 6.6).

Tabla 6.6. Diámetro de plantas de *B. ulicina* desde marzo de 2011, previa y posteriormente a una quema controlada en la localidad de Patagones.

| Tamaño original de la planta | Diámetro (cm)* | | | |
|--------------------------------|----------------|------------|----------|----------|
| | Pre-quema | Post-quema | | |
| | | 6 meses | 12 meses | 24 meses |
| Pequeñas (0-20 cm de diámetro) | 14,7 C | 29,0 C | 35,8 B | 30,0 C |
| Medianas (0-40 cm de diámetro) | 34,2 B | 47,6 B | 53,6 B | 53,1 B |
| Grandes (40-60 cm de diámetro) | 55,7 A | 79,3 A | 92,5 A | 89,4 A |

* Medias seguidas por una misma letra, dentro de cada columna, no difieren entre sí según Tukey ($p<0,05$).

La diferencia de diámetro existente entre los distintos tamaños de planta previa a la quema se mantuvo durante todo el estudio, a excepción de los 12 meses posteriores a la misma, cuando ocasionalmente no se hallaron diferencias entre plantas pequeñas y medianas. Luego de 24 meses de la quema, las plantas grandes aumentaron 14,8 cm la diferencia media de diámetro con respecto a las plantas medianas (Tabla 6.6).

MS final

Se registró interacción entre tamaño de las plantas y la condición de proximidad a plantas leñosas ($f=8,21$ $p=0,0012$) y diferencias tanto entre el tamaño de las plantas ($F=17,29$ $p<0,0001$) como en la condición de proximidad a una especie leñosa ($F=9,06$ $p=0,0047$) (Tabla 6.7).

Tabla 6.7. MS de plantas de *B. ulicina* a 24 meses de ser sometidas a una quema controlada en la localidad de Patagones en marzo de 2013. Los datos se presentan de acuerdo al tamaño de la planta previo a la quema y a la condición de cercanía (menos de 50 cm) con respecto a una especie leñosa.

| <u>Tamaño original de la planta</u> | <u>Condición respecto a especie leñosa</u> | <u>MS (g)*</u> |
|-------------------------------------|--|----------------|
| Pequeñas (0-20 cm de diámetro) | Aislada | 20,1 B |
| Pequeñas (0-20 cm de diámetro) | Próxima | 15,8 B |
| Medianas (0-40 cm de diámetro) | Aislada | 46,4 B |
| Medianas (0-40 cm de diámetro) | Próxima | 45,5 B |
| Grandes (40-60 cm de diámetro) | Aislada | 220,1 A |
| Grandes (40-60 cm de diámetro) | Próxima | 62,9 B |

*Medias seguidas por una misma letra no difieren entre sí según Tukey ($p<0,05$).

No se hallaron diferencias entre la MS final de las plantas de las distintas combinaciones de tratamientos realizados, a excepción de las plantas de mayor diámetro que se hallaban aisladas de plantas leñosas (Tabla 6.7). Las plantas de mayor tamaño que crecieron aisladas acumularon 3,5 veces la MS de aquellas que lo hicieron próxima a una especie leñosa. Tal diferencia podría deberse en parte a un mayor efecto del fuego al incidir la especie leñosa como combustible y así alcanzar una mayor temperatura y un mayor tiempo de exposición a la misma, y por ende un mayor daño. También debe considerarse que las plantas de *B. ulicina* aisladas de las plantas leñosas tendrían mejor acceso al agua, al no encontrarse con el reparo del follaje de las mismas.

6.3.2 Control mecánico

Si bien ninguno de los tratamientos realizados produjo muerte de plantas, se registraron efectos tanto en la MS final acumulada como en la altura de las mismas. No se registraron diferencias entre tratamientos en cuanto a la producción de capítulos ($F=0,87$ $p=0,6051$).

MS final de las plantas

No se encontró interacción entre las variables altura de corte y frecuencia de corte con un nivel de significancia del 5% ($F=1,8$ $p=0,0547$). Teniendo en cuenta que se registraron diferencias significativas tanto en la altura de corte ($F=4,0$ $p=0,0205$) como en la frecuencia de corte ($F=8,64$ $p<0,0001$). Los resultados se muestran para cada combinación de tratamientos por separado (Tabla 6.8).

Todos aquellos tratamientos que se diferenciaron del testigo se consideraron los de mayor control, ya que no se encontraron diferencias entre sí. Estos fueron en total nueve tratamientos: las frecuencias de corte 3, 4, 5, 6 y 7 dentro de la altura de corte A; las frecuencias de corte 3, 5 y 6 dentro de la altura B y la frecuencia de corte 6 dentro de la altura C. Pudo observarse como a medida que se aumenta la altura de corte, menos tratamientos se diferencian del testigo (Tabla 6.8).

Teniendo en cuenta que los tratamientos mencionados no se diferenciaron entre sí, por cuestiones de costo operativo se recomienda la utilización de aquellos que menor cantidad de cortes demandan. De esta forma, puede concluirse que para disminuir la MS de *B. ulicina* significativamente basta con realizar un solo corte en estado de prefloración (cuando se observan las primeras flores) a 2,5 o 5 cm de altura. Para alcanzar resultados equivalentes utilizando la altura de 12,5 cm, son necesarios realizar dos cortes, uno en estado vegetativo avanzado y el restante en prefloración.

Tabla 6.8. Materia seca acumulada de plantas de *B. ulicina* al finalizar un ciclo anual de crecimiento tras ser sometidas a distintos tratamientos de corte.

| Altura de corte | Tratamiento | Cortes | | | MS (g)* |
|-----------------|-------------|--------|-----|-----|-----------|
| | | EVT | EVA | EPF | |
| Testigo | | | | | 10.25 A |
| A (2,5 cm) | 1 | x | | | 8.13 ABCD |
| A (2,5 cm) | 2 | | x | | 7.83 ABCD |
| A (2,5 cm) | 3 | | | x | 4.41 D |
| A (2,5 cm) | 4 | x | x | | 5.59 BCD |
| A (2,5 cm) | 5 | x | | x | 4.8 CD |
| A (2,5 cm) | 6 | | x | x | 4.87 CD |
| A (2,5 cm) | 7 | x | x | x | 4.69 CD |
| B (7,5 cm) | 1 | x | | | 7.81 ABCD |
| B (7,5 cm) | 2 | | x | | 9.14 ABC |
| B (7,5 cm) | 3 | | | x | 5.40 CD |
| B (7,5 cm) | 4 | x | x | | 10.06 AB |
| B (7,5 cm) | 5 | x | | x | 4.43 D |
| B (7,5 cm) | 6 | | x | x | 5.08 CD |
| B (7,5 cm) | 7 | x | x | x | 7.09 ABCD |
| C (12,5 cm) | 1 | x | | | 10.35 A |
| C (12,5 cm) | 2 | | x | | 6.48 ABCD |
| C (12,5 cm) | 3 | | | x | 5.94 ABCD |
| C (12,5 cm) | 4 | x | x | | 7.18 ABCD |
| C (12,5 cm) | 5 | x | | x | 5.84 ABCD |
| C (12,5 cm) | 6 | | x | x | 5.38 CD |
| C (12,5 cm) | 7 | x | x | x | 6.94 ABCD |

*Medias seguidas por una misma letra no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Altura final de planta

No se registró interacción entre las variables frecuencia y alturas de cortes ($F=0,64$ $p=0,8014$), como así tampoco se encontraron diferencias significativas entre alturas de corte ($F=1,51$ $p=0,2239$). Sin embargo, se registraron diferencias entre frecuencias de corte ($F=9,53$ $p < 0,0001$). Por este motivo, los resultados obtenidos se muestran sólo para esta última variable (Tabla 6.9).

Se logró reducir la altura de las plantas con todas las frecuencias de corte que incluyeron un corte en prefloración, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre ellas. De esta manera se evidenció que para causar una reducción significativa en la altura de *B. ulicina* sólo basta realizar un corte en prefloración.

Tabla 6.9. Altura de plantas de *B. ulicina* al finalizar un ciclo anual de crecimiento tras ser sometidas a distintas frecuencias de corte.

| Frecuencia de corte | Cortes | | | Altura (cm)* |
|------------------------|--------|-----|-----|--------------|
| | EVT | EVA | EPF | |
| Testigo | | | | 96,2 A |
| 1 | x | | | 95,8 A |
| 2 | | x | | 98,4 A |
| 3 | | | x | 76,9 BC |
| 4 | x | x | | 90,9 AB |
| 5 | x | | x | 66,3 C |
| 6 | | x | x | 71,7 C |
| 7 | x | x | x | 73,3 C |

*Medias seguidas por una misma letra no difieren entre sí según Tukey ($p < 0,05$).

Sabattini *et al.* (2012), tampoco obtuvieron resultados positivos aplicando control mecánico sobre *Baccharis punctulata*. En lugares de alto enmalezamiento, reportaron niveles de cobertura mayores, después de 2 años de haber realizado dicha práctica en campos naturales de la provincia de Entre Ríos.

6.3.3 Control químico

Algunas características que reflejan la calidad de las aplicaciones realizadas, obtenidas a partir del análisis de las tarjetas hidrosensibles utilizadas, pueden observarse en la Tabla 6.10.

Tabla 6.10. Características relativas a la calidad de las pulverizaciones realizadas sobre los distintos estados fenológicos de *B. ulicina*.

| Parámetros evaluados | EVT | | EVA | | ER | |
|--------------------------------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | Media | Desvio | Media | Desvio | Media | Desvio |
| Diámetro Volumétrico Medio (μ) | 749,7 | 75,1 | 748,8 | 61,7 | 628,5 | 86,7 |
| Diámetro Numérico Medio (μ) | 275,5 | 38,1 | 342,6 | 26,2 | 215,6 | 29,7 |
| Número de impactos.cm ⁻² | 61,5 | 14,9 | 49,2 | 12,0 | 74,4 | 12,9 |

Evaluaciones realizadas sobre plantas en Estado Vegetativo Temprano (EVT)

Curva dosis-respuesta de glifosato

El valor de GR₅₀ para las aplicaciones de glifosato fue de 0,71X (863 g de e.a.ha⁻¹), lo cual significa que aplicando 71% de las dosis recomendada de glifosato (1215 g de e.a.ha⁻¹) se obtiene la mitad de la reducción de MS de las plantas de *B. ulicina* en EVT. El control máximo alcanzado fue de 100% para el tratamiento 2X (2430 g de e.a.ha⁻¹). La dosis recomendada de glifosato logró un control de 70% (Fig. 6.5).

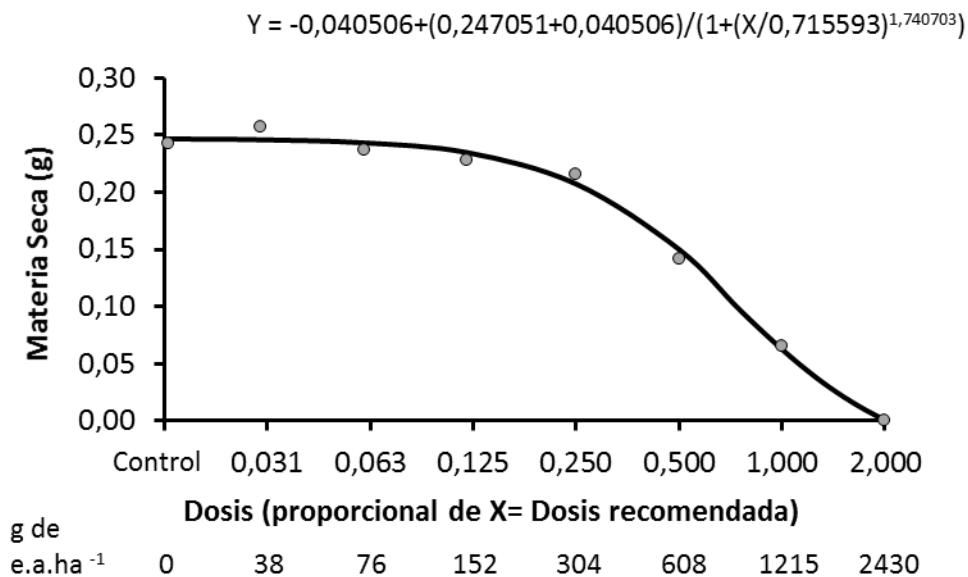


Figura 6.5. Curva de dosis-respuesta de glifosato aplicado a plantas de *B. ulicina* en estado vegetativo temprano ($r = 0,90$).

Curva dosis-respuesta de 2,4-D

De la curva de dosis-respuesta obtenida para el herbicida 2,4-D se obtuvo un GR_{50} de 0,34X (300 g de e.a.ha⁻¹). Como puede observarse la curva sufrió una importante caída en el tratamiento de 0,5X (438 g de e.a.ha⁻¹) donde alcanzó un control de 71,5%. A partir de este punto, ante el incremento de dosis logarítmicas de 2,4-D se registraron niveles similares de control. El límite inferior de la curva es 0,08 g, lo que equivale a un control de 66,2% (Fig. 6.6).

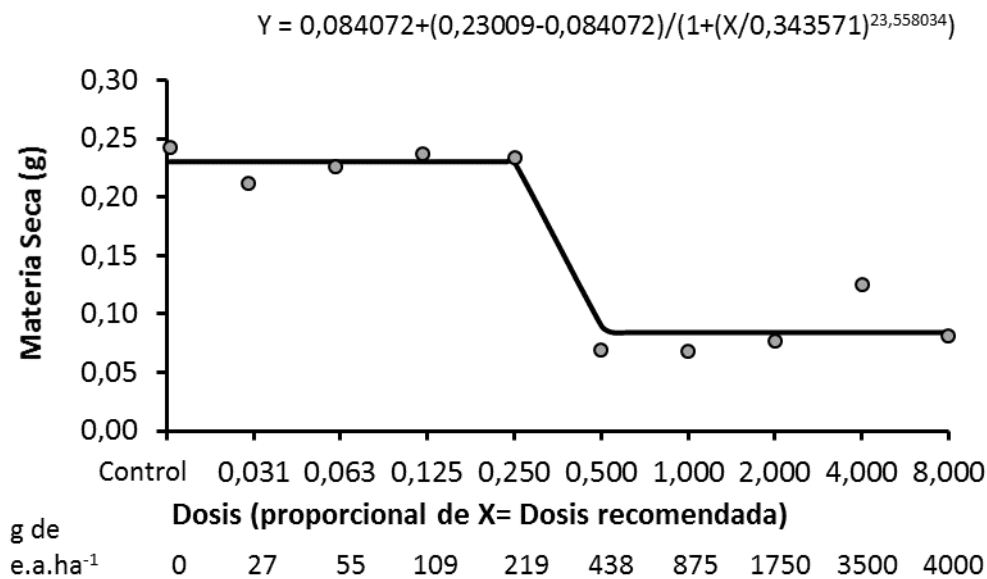


Figura 6.6. Curva de dosis-respuesta de 2,4-D aplicado a plantas de *B. ulicina* en estado vegetativo temprano ($r = 0,85$).

Comparación de tratamientos

Respecto a la comparación de los tratamientos X y 2X de glifosato, X y 2X de 2,4-D y las diferentes combinaciones de subdosis de ambos herbicidas, se registraron diferencias altamente significativas en la MS de las plantas de *B. ulicina* ($F=9,00$ $p<0,0001$) (Tabla 6.11).

Como se mencionó, el tratamiento más efectivo fue 2X de glifosato (100% de control), aunque no se diferenció estadísticamente de los tratamientos X de glifosato (70,7%), X (71,5% de control) y 2X (68,2% de control) de 2,4-D y 1/8X de glifosato + 1/2X de 2,4-D (69% de control). El control obtenido aplicando 2X de 2,4-D, fue similar al de sólo 1/2X del mismo herbicida combinado con 1/8X de glifosato (Tabla 6.11).

Tabla 6.11. Respuesta de los tratamientos X y 2X de glifosato, 2,4-D y diferentes combinaciones de subdosis de ambos herbicidas evaluadas sobre individuos de *B. ulicina* en estado vegetativo temprano.

| Glifosato | | 2,4-D | | MS (g) | % Control* | |
|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|--------|------------|----------|
| Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | | | |
| | | Testigo | | 0,24 | 0,0 D | |
| 1 | 1215 | | | 0,07 | 70,7 AB | |
| 2 | 2430 | | | 0,00 | 100,0 A | |
| | | 1 | 875 | 0,07 | 71,5 AB | |
| | | 2 | 1750 | 0,08 | 68,2 ABC | |
| 1/8 | 152 | + | 1/2 | 438 | 0,08 | 69,0 ABC |
| 1/4 | 304 | + | 1/2 | 438 | 0,17 | 28,5 BCD |
| 1/2 | 608 | + | 1/2 | 438 | 0,16 | 35,7 BCD |
| 1/2 | 608 | + | 1/4 | 219 | 0,19 | 21,8 CD |
| 1/2 | 608 | + | 1/8 | 109 | 0,15 | 37,0 BCD |
| 3/4 | 911 | + | 1/2 | 438 | 0,14 | 43,2 BCD |
| 1/2 | 608 | + | 3/4 | 656 | 0,20 | 17,0 D |

* Medias seguidas de la misma letra no difieren según Tukey ($p < 0,05$).

Evaluaciones realizadas sobre plantas en Estado Vegetativo Avanzado (EVA)

Curva dosis-respuesta de glifosato

A partir de la curva de dosis-respuesta correspondiente a glifosato se determinó un GR_{50} de 0,74X (899 g de e.a.ha⁻¹); mientras que, se registró un excelente control de 98,7% para el tratamiento 2X. Por su parte, la dosis recomendada (X) de glifosato también alcanzó un importante nivel de control de 85,7% (Fig. 6.7).

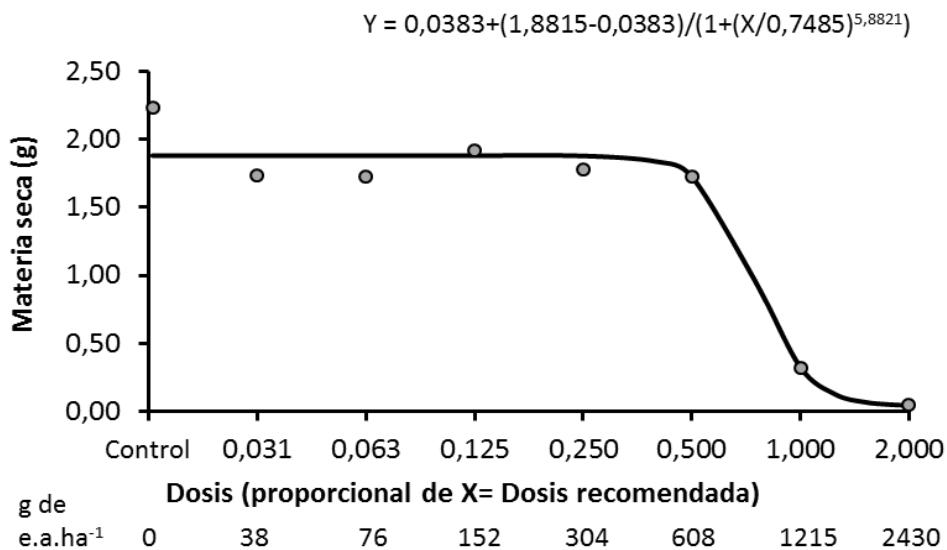


Figura 6.7. Curva de dosis-respuesta de glifosato aplicado a plantas de *B. ulicina* en estado vegetativo avanzado ($r = 0,69$).

Curva dosis-respuesta de 2,4-D

La curva de dosis-respuesta resultante de las aplicaciones de 2,4-D evidenció un GR_{50} de 0,16X (140 g de e.a.ha⁻¹). El máximo control, obtenido a partir de la regresión ajustada, fue de 53% (1,05 g de MS) y se logró a la dosis de 0,25X, sin sufrir modificaciones a dosis mayores (Fig. 6.8).

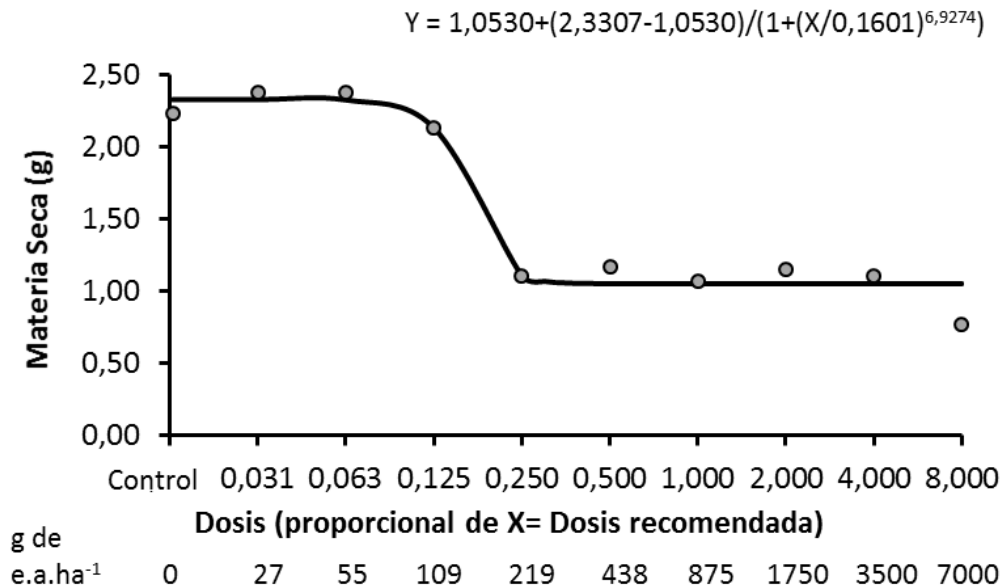


Figura 6.8. Curva de dosis-respuesta de 2,4-D aplicado a plantas de *B. ulicina* en estado vegetativo avanzado ($r = 0,73$).

Comparación de tratamientos

La comparación de los tratamientos X y 2X de glifosato, X y 2X de 2,4-D y las diferentes combinaciones de subdosis de ambos herbicidas, registró diferencias altamente significativas en la MS final ($F=8,74$ $p<0,0001$) (Tabla 6.12).

Todos los tratamientos se diferenciaron del testigo, destacándose, como se mencionó anteriormente el tratamiento 2X de glifosato (98% de control). No se diferenciaron estadísticamente de este tratamiento la dosis recomendada (X) de glifosato y las combinaciones 1/2X de glifosato + 1/4X de 2,4-D; 1/2X de glifosato + 1/8X de 2,4-D; 3/4X de glifosato + 1/2X de 2,4-D y 1/2X de glifosato y 3/4X de 2,4-D (Tabla 6.12).

Tabla 6.12. Respuesta de los tratamientos X y 2X de glifosato, 2,4-D y diferentes combinaciones de subdosis de ambos herbicidas evaluadas sobre individuos de *B. ulicina* en estado vegetativo avanzado.

| Glifosato | | 2,4-D | | MS (g) | % Control* | |
|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|--------|------------|----------|
| Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | | | |
| | | Testigo | | 2,24 | 0,0 D | |
| 1 | 1215 | | | 0,32 | 85,6 AB | |
| 2 | 2430 | | | 0,04 | 98,0 A | |
| | | 1 | 875 | 1,07 | 52,2 BC | |
| | | 2 | 1750 | 1,15 | 48,4 BC | |
| 1/8 | 152 | + | 1/2 | 438 | 1,26 | 43,8 C |
| 1/4 | 304 | + | 1/2 | 438 | 1,28 | 42,8 C |
| 1/2 | 608 | + | 1/2 | 438 | 1,13 | 49,6 BC |
| 1/2 | 608 | + | 1/4 | 219 | 0,76 | 65,9 ABC |
| 1/2 | 608 | + | 1/8 | 109 | 0,82 | 63,5 ABC |
| 3/4 | 911 | + | 1/2 | 438 | 0,62 | 72,3 ABC |
| 1/2 | 608 | + | 3/4 | 656 | 0,52 | 76,9 ABC |

* Medias seguidas de la misma letra no difieren según Tukey ($p < 0,05$).

Evaluaciones realizadas sobre plantas en Estado Reproductivo (ER)

Curva dosis-respuesta de glifosato

El valor de GR_{50} para la curva de dosis-respuesta de glifosato fue de 0,95X (1154 g de e.a.ha⁻¹). El tratamiento 2X alcanzó 95% de control respecto al testigo; mientras que, X apenas logró un 55% (Fig. 6.9). Similarmente, Ferri *et al.* (1998) en un estudio de desecación de campos nativos registraron controles de 65, 85 y 100% sobre *B. trimera*, utilizando dosis de 360, 720 y 1.080 g de ea.ha⁻¹, respectivamente.

Saldanha y Andión (2004) reportaron un 89% de control sobre plantas adultas de *B. cordifolia*, aunque aplicando 6 l.ha⁻¹ glifosato, sin especificaciones acerca de su formulación.

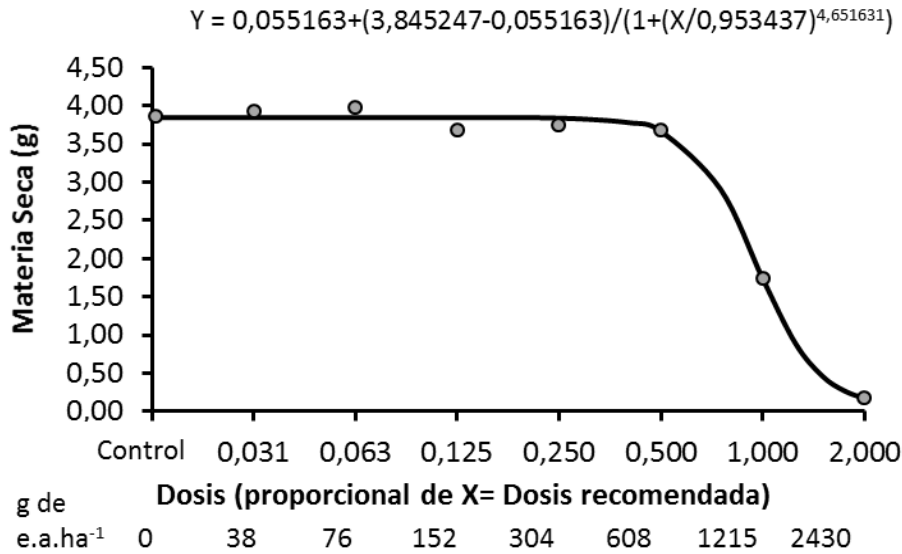


Figura 6.9. Curva de dosis-respuesta de glifosato aplicado a plantas de *B. ulicina* en estado reproductivo ($r = 0,89$).

Curva dosis-respuesta de 2,4-D

El valor de GR₅₀ para las aplicaciones de 2,4-D fue de 1,02X (892 g de e.a.ha⁻¹), y el control máximo, alcanzado por el tratamiento 8X, fue del 66% (Fig. 6.11). Al igual que en los estadios fenológicos anteriormente evaluados el herbicida 2,4-D no presentó controles satisfactorios de *B. ulicina*, aún a dosis muy elevadas.

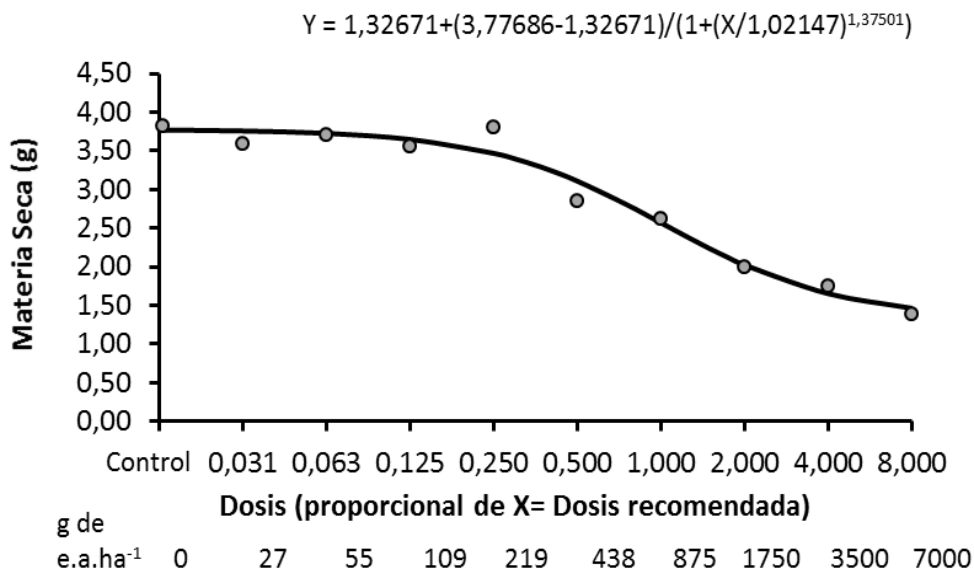


Figura 6.10. Curva de dosis-respuesta de 2,4-D aplicado a plantas de *B. ulicina* en estado reproductivo ($r = 0,78$).

Comparaciones entre tratamientos

En los tratamientos X y 2X de glifosato, X y 2X de 2,4-D y en las diferentes combinaciones de subdosis de ambos herbicidas, se registraron diferencias significativas en la MS final ($F=3,12$ $p=0,0028$) (Tabla 6.13).

Al igual que en las evaluaciones de los otros estadios fenológicos, el tratamiento 2X de glifosato fue con el que se logró mayor control (95%). Con el tratamiento 2X 2,4-D sólo se logró 45% de control. El resultado de las combinaciones de subdosis de ambos herbicidas fueron muy pobres, con un máximo de reducción de MS de 31%, por lo que se descartan como posibles herramientas de control de *B. ulicina* en estado reproductivo (Tabla 6.13).

Contrariamente, Ferri *et al.* (1998) hallaron mejores niveles de control sobre *B. trimera* utilizando combinaciones similares de ambos herbicidas. Con las combinaciones de 360 g ea.ha⁻¹ de glifosato + 200 g ea.ha⁻¹ de 2,4-D; 720 g ea.ha⁻¹ de glifosato + 200 g ea.ha⁻¹ de 2,4-D y 1.080 g ea.ha⁻¹ de glifosato + 200 g ea.ha⁻¹ de 2,4-D lograron controles de 49, 71 y 90%, respectivamente.

Tabla 6.13. Respuesta de los tratamientos X y 2X de glifosato, 2,4-D y diferentes combinaciones de subdosis de ambos herbicidas evaluadas sobre individuos de *B. ulicina* en estado reproductivo.

| Glifosato | | 2,4-D | | MS (g) | % Control* | |
|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|--------|------------|---------|
| Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | Dosis (X) | g e.a. ha ⁻¹ | | | |
| | | Testigo | | 3,83 | 0,0 C | |
| 1 | 1215 | | | 1,74 | 54,6 AB | |
| 2 | 2430 | | | 0,17 | 95,5 A | |
| | | 1 | 875 | 2,51 | 34,4 BC | |
| | | 2 | 1750 | 2,10 | 45,2 ABC | |
| 1/8 | 152 | + | 1/2 | 438 | 2,69 | 31,0 BC |
| 1/4 | 304 | + | 1/2 | 438 | 3,09 | 20,7 BC |
| 1/2 | 608 | + | 1/2 | 438 | 2,55 | 36,6 BC |
| 1/2 | 608 | + | 1/4 | 219 | 2,83 | 26,3 BC |
| 1/2 | 608 | + | 1/8 | 109 | 2,80 | 28,7 BC |
| 3/4 | 911 | + | 1/2 | 438 | 2,46 | 35,9 BC |
| 1/2 | 608 | + | 3/4 | 656 | 2,71 | 37,7 BC |

* Medias seguidas de la misma letra no difieren según Tukey ($p<0,05$).

6.4 Conclusiones

Con el planteo de la hipótesis de estudio se establecieron dos umbrales de control que se consideraron como aceptables en base al nivel de infestación que alcance *B. ulicina*. Con las evaluaciones de quema controlada y control mecánico no se registró muerte de plantas; sin embargo, las expectativas de control fueron alcanzadas con algunos de los tratamientos químicos evaluados.

El estudio del efecto del fuego controlado sobre *B. ulicina* determinó que la condición de proximidad a una especie leñosa no afectó el diámetro o la altura de las plantas posteriormente a la ocurrencia del fuego. En tanto que el diámetro de las plantas luego de la quema no sufrió modificaciones importantes. La altura de las plantas se vio afectada en plantas de mayor diámetro fundamentalmente. Asimismo, las plantas cuyo diámetro inicial fue de 40-60 cm de diámetro, mostraron indicios de acumular mayor cantidad de materia seca luego de la ocurrencia del fuego si se hallaban aisladas de una planta leñosa. Por lo expuesto, la quema controlada no parece contribuir efectivamente al control de *B. ulicina*.

Del estudio de la incidencia de la práctica de corte sobre *B. ulicina* se determinó que en la medida que la altura de corte aumenta, menos tratamientos se diferenciaron del testigo. Para disminuir la MS de *B. ulicina* significativamente basta con realizar un solo corte en estadio de prefloración a 2,5 o 5 cm de altura. En cambio, si se utiliza una altura de corte de 12,5 cm, para alcanzar resultados equivalentes son necesarios realizar dos cortes, uno en estado vegetativo avanzado y el restante en prefloración.

El umbral de control propuesto (90%) únicamente fue alcanzado por el tratamiento 2X de glifosato (2.430 g ea.ha⁻¹), el cual repitió dicho resultado en los tres estadios de *B. ulicina* evaluados.

De acuerdo a los objetivos planteados inicialmente, controles de 70% pueden resultar beneficiosos en determinadas situaciones puntuales para restablecer las densidades de *B. ulicina* registradas de manera previa a la sucesión de años de sequía. Este nivel de control fue alcanzado por numerosos tratamientos: dosis X de glifosato (1.215 g ea.ha⁻¹) en EVT

(70%) y en EVA (85%), y dosis X de 2,4-D (875 g de e.a.ha⁻¹) en EVT (70%). En cuanto a las combinaciones de ambos principios activos, el tratamiento 1/8X de glifosato (152 g ea.ha⁻¹) + 1/2 X de 2,4-D (438 g ea. ha⁻¹) en EVT obtuvo un control de 69%, mientras que los tratamientos 3/4X de glifosato (911 g ea.ha⁻¹) + 1/2X de 2,4-D (438 g ea.ha⁻¹) y 1/2X de glifosato (608 g ea.ha⁻¹) + 3/4X de 2,4-D (656 g ea.ha⁻¹) en EVA demostraron controles de 72 y 77 %, respectivamente.

En base a los resultados obtenidos, se realza la importancia de realizar medidas tempranas de control químico de *B. ulicina*, ya que las evaluaciones en ER denotaron niveles generales de control muy bajos.

En la aplicación del herbicida 2,4-D se registraron niveles de control similares tras el aumento logarítmico de las dosis en los dos primeros estadios fenológicos (EVT y EVA), aún a partir de dosis bajas (0,25/0,5X). De esta forma se demostró la escasa sensibilidad de *B. ulicina* a dicho principio activo.

Ninguna de las técnicas utilizadas aisladamente se traduce en una solución definitiva al problema generado por una maleza. El uso del control químico puede ser muy útil por su simplicidad y eficiencia, pero debe ser integrado con otras técnicas, tanto por razones ambientales como productivas.

Hasta el desarrollo del presente estudio no existía información disponible acerca de posibles métodos de control de *B. ulicina*. Motivo por el cual, el conocimiento generado cobra vital importancia para la elaboración de estrategias de manejo que permitan reducir la población de la maleza. La integración de dicha información con la relacionada a los aspectos biológicos y ecológicos de *B. ulicina* redundarán en la posibilidad de un manejo integrado de la especie con el consecuente beneficio ecológico, productivo y económico de los sistemas ganaderos.

Capítulo VII –

“Consideraciones generales y perspectivas”

Los objetivos planteados en los distintos capítulos de la presente tesis permitieron obtener valiosa información novedosa sobre diversos aspectos relacionados al crecimiento y reproducción de *B. ulicina*. A partir de ella fue posible determinar que la gran dispersión de la especie no se explica simplemente por una estrategia determinada, sino que es el resultado de la expresión mancomunada de una serie de características biológicas y ecológicas. Entre ellas, se destacan:

- Es una especie nativa del sitio donde se considera maleza. Gracias a la presión de selección ejercida por el ambiente cuenta con una gran adaptación a la zona donde se convirtió en problema.
- Rápido crecimiento inicial de raíces que le permiten sobrellevar las condiciones adversas del invierno y gran crecimiento de la parte aérea en primavera, lo que le brinda una importante ventaja ecológica al momento de competir por recursos como la luz.
- Plasticidad ambiental. Capacidad de crecer y desarrollarse en un amplio rango de condiciones climáticas y edáficas. La elevada fracción de raíces que produce facilitan su crecimiento bajo condiciones donde las precipitaciones son limitantes.
- Hojas con escasísima proporción de lámina, lo cual disminuye notablemente la herbivoría y la superficie foliar por donde puede ocurrir la transpiración.
- Largo período de producción de semillas. Este abarca desde los últimos días de enero hasta fines de abril o principios de mayo en el sur de la provincia de Buenos Aires. En los dos años de estudio se registraron ciertas diferencias en la dinámica de producción de capítulos. En el primer año se observó un pico a principios de febrero y otro de una magnitud considerablemente menor a principios de abril; mientras que, en el segundo año se detectó un aumento en la producción de capítulos concentrado en el mes de marzo.
- Capacidad para producir una gran cantidad de semillas por planta. La cantidad de semillas que produce una planta de *B. ulicina* está determinada por dos factores: el número de capítulos por planta y el número de semillas por capítulo. El primero puede tomar un

rango muy amplio de valores de acuerdo principalmente al tamaño de la planta y también a las condiciones ambientales del período de producción de semillas. Respecto al segundo componente, la cantidad de semillas por capítulo en *B. ulicina*, es ciertamente estable entre 21 y 25. Durante todo el período reproductivo una planta mediana (20-40 cm de diámetro) puede producir hasta un máximo de 2.400 capítulos, siendo lo más común entre 900 y 1.300. De acuerdo a los resultados obtenidos, se estima que una planta de estas características produciría una media de 25.000 semillas por ciclo reproductivo. Mas aún, relacionando la información obtenida en el estudio del crecimiento y de la producción de semillas de *B. ulicina*, fue posible determinar para la localidad de Bahía Blanca que sólo una planta puede producir hasta 36.000 semillas en apenas su segundo ciclo reproductivo.

- Mecanismo de dispersión de semillas especialmente adaptado. Las cipselas cuentan con el cáliz modificado para facilitar su dispersión anemócora. Debido a la alta intensidad y frecuencia de los vientos característicos de la zona, la dispersión de las semillas de *B. ulicina* se produce a grandes distancias de la planta madre.
- Alto poder germinativo en coincidencia con los períodos de mayor producción de semillas.
- Amplio rango térmico de germinación óptima. Las semillas de *B. ulicina* fueron capaces de germinar entre los 10 y 28°C de temperatura constante con valores superiores al 85%. Al mismo tiempo, en los tratamientos de temperaturas alternas que simulaban las condiciones de otoño, verano y primavera, los valores de germinación fueron superiores a 83%.
- Germinación independiente al fotoperiodo. En todos los tratamientos evaluados se obtuvieron porcentajes de germinación cercanos al 90%. A diferencia de muchas especies que habitan el pastizal, *B. ulicina* no requirió de la alternancia de horas de luz y oscuridad para germinar.

- Capacidad de germinar en condiciones de elevado estrés hídrico (hasta -1,2 MPa) y salino (hasta 320 mM de NaCl). La habilidad para germinar bajo determinadas condiciones de estrés hídrico o contenidos elevados de salinidad en el suelo supone una ventaja ecológica importante para las malezas, ya que tales condiciones son limitantes para otras especies.
- Alto nivel de germinación en un rango amplio de pH (>a 88 % entre los pH 3 y 10).
- Rápida emergencia de plántulas en otoño. Una rápida emergencia es particularmente importante, de esta manera las plántulas pueden producir suficiente biomasa subterránea como para poder soportar las temperaturas y falta de precipitaciones del invierno.
- Producción de metabolitos secundarios, que seguramente han contribuido a su éxito en la interacción con otras especies que cohabitan los pastizales naturales con *B. ulicina*. Se observaron efectos fitotóxicos sobre la germinación de *N. tenuis*, *A. sativa*, *L. perenne* y *R. sativus*; sin embargo, no se registraron efectos sobre dicho proceso en *N. clarazii*. Adicionalmente, se encontró que la velocidad de germinación fue afectada en todas las especies evaluadas, como así también el porcentaje de establecimiento. La variación interanual de los resultados permite inferir que los compuestos involucrados no son producidos uniformemente por *B. ulicina*, siendo posible hipotetizar que su síntesis sea inducida por el ambiente.
- Capaz de tolerar diversos tipos de control. *Baccharis ulicina* demostró una importante capacidad de rebrote tras la práctica de cortes mecánicos y quema controlada. Adicionalmente, exhibió escasa sensibilidad al herbicida 2,4-D y a dosis menores de 1.215 g ea.ha⁻¹ de glifosato.

Características del ciclo biológico de *B. ulicina* de interés para su manejo

Todos los ecosistemas sufren de perturbaciones naturales o antropogénicas, pero luego ocurre un proceso de recuperación de los mismos. Si el hombre no interviniera en el ecosistema, seguramente la abundancia de *B. ulicina* con el transcurso del tiempo disminuiría a los niveles anteriores a la perturbación descrita en el capítulo introductorio. Sin embargo, este tipo de procesos puede demorar una gran cantidad de años en completarse. En este sentido, uno de los objetivos planteados en la presente tesis es lograr un manejo eficiente de *B. ulicina*, de manera de poder alcanzar rápidamente niveles poblacionales que sean compatibles con las necesidades productivas de los sistemas ganaderos del sudoeste bonaerense.

El conocimiento de los aspectos relacionados a la biología de una maleza es prioritario para poder contar con las bases que permitan elaborar un exitoso manejo de la especie. Es habitual que existan períodos críticos o determinadas singularidades dentro del ciclo de vida de una maleza, donde la aplicación de una medida de manejo es más eficiente.

Por ejemplo, la circunstancia de que apenas 1,5 cm de profundidad de entierro de las semillas de *B. ulicina* basten para obtener sólo 1% de emergencia de plántulas, convierte a la labranza del suelo, en el caso de ser posible, en una herramienta muy efectiva para disminuir la incidencia de la especie.

La emergencia temprana y concentrada de *B. ulicina* en otoño es un factor muy beneficioso para su manejo, ya que la aplicación de cualquier medida de control en ese momento evitaría completamente el establecimiento de nuevas plantas hasta el ciclo anual siguiente.

En evaluaciones de control mecánico se determinó que es posible disminuir la materia seca de *B. ulicina* significativamente realizando un solo corte en estado de prefloración a 2,5 o 5 cm de altura. Dado que la especie tiene el potencial de rebrotar reiteradamente ante cortes, el empleo de métodos mecánicos para reducir la población de *B. ulicina* no representa una estrategia definitiva. No obstante, el empleo de dicha técnica puede ser

efectivo, por ejemplo, para evitar la producción de semillas o dentro de un manejo integral como complemento de otras herramientas de control principal.

La técnica de quema controlada no contribuyó efectivamente al control de *B. ulicina*, ya que en los estudios realizados no se evidenciaron importantes modificaciones sobre la altura, diámetro o acumulación de materia seca de las plantas tratadas. La explicación de los resultados obtenidos radicaría en que la especie ha evolucionado en un ambiente donde la ocurrencia de quemas naturales fueron usuales históricamente, por lo que *B. ulicina* tiene la capacidad de adaptarse a este tipo de disturbios. La gran capacidad de rebrote registrada, tendría un papel clave en la respuesta de la especie a la quema controlada.

El conocimiento de los períodos en que *B. ulicina* presenta mayor crecimiento es vital a la hora de planificar estrategias de control químico con principios activos sistémicos.

En los experimentos realizados en condiciones de campo en las localidades de Bahía Blanca y Patagones se determinaron valores máximos de crecimiento de raíz durante el otoño (aproximadamente 700 GD acumulados desde el trasplante) y de parte aérea a principios de primavera (aproximadamente 1000 GD desde el trasplante). Estos períodos de crecimiento más pronunciados son los más propicios para la aplicación de herbicidas sistémicos, ya que el mayor esfuerzo de la planta en producir nuevas estructuras favorece al transporte y la acción de dichos compuestos. En ambas localidades, aunque con mayor frecuencia en Patagones, se registró la ocurrencia de tasas de crecimiento negativas en los meses de mayor estrés ambiental (ya sea por bajas temperaturas o déficit hídrico), siendo estos los momentos menos indicados para el uso de este tipo de productos.

Los resultados obtenidos en las evaluaciones de control químico, donde se utilizó glifosato y 2,4-D (ambos sistémicos), mostraron diferentes grados de eficiencia en los distintos estadios fenológicos considerados. La explicación de tales diferencias se explicaría en gran parte en las tasas de crecimiento que presentaba la especie en cada fecha de aplicación.

Las evaluaciones en estado vegetativo temprano se realizaron sobre plantas de tres meses de crecimiento, tras acumular aproximadamente 620 GD. Este momento coincidiría

con las mayores tasas de crecimiento relativo de raíces registradas. Ambos principios activos lograron su nivel más alto de control en este estadio: 100% para el tratamiento 2X de glifosato y 71,5% para el tratamiento X de 2,4-D. La explicación radicaría en que en este período se produce la acumulación de reservas que le permitan a la planta de *B. ulicina* tolerar las condiciones adversas del invierno. La intensa actividad metabólica de las plantas favoreció el efecto de los herbicidas

Las aplicaciones en estado vegetativo avanzado se realizaron sobre plantas de siete meses de crecimiento, tras acumular aproximadamente 900 GD. Este momento coincide con el comienzo del aumento que experimentan las tasas de crecimiento con la llegada de las condiciones ambientales más favorables, en especial las correspondientes a la parte aérea. Aquí se destacaron los tratamientos X y 2X de glifosato, con 85 y 98 % de control, respectivamente. En este período se registraron los resultados de más elevados por parte de las combinaciones de subdosis de glifosato y 2,4-D (tratamientos 3/4X de glifosato + 1/2X de 2,4-D con 72% y 1/2X de glifosato + 3/4X de 2,4-D con 72 y 77%de control, respectivamente)

Las aplicaciones en estado reproductivo se realizaron sobre plantas de once meses de crecimiento, tras acumular aproximadamente 1850 GD. Para plantas equivalentes en el estudio del crecimiento en Bahía Blanca, se documentaron bajas tasas de crecimiento, en especial las correspondientes a las hojas. Los niveles de control alcanzados en general fueron deficientes. A excepción de 2X de glifosato, ninguno de los tratamientos evaluados superó el 55%.

La importancia de no demorar la decisión de efectuar medidas de manejo sobre *B. ulicina* hasta el período reproductivo quedó también manifiesta en los resultados hallados en el estudio de la dinámica de la producción de semillas. Allí se determinó que si se advierte el problema cuando la producción de capítulos es mayor (fines de marzo), para ese momento las plantas de *B. ulicina* ya habían generado entre 93 y 95% del total de las capítulos producidos en todo el ciclo reproductivo.

Ninguna de las tecnologías utilizadas aisladamente es suficiente para lograr un control óptimo de manera definitiva, es decir que se deben integrar todas dentro de un plan racional de manejo. Este enfoque debe ser flexible y estar sujeto permanentemente a evaluaciones. Un sistema de manejo integrado de malezas enfoca el problema utilizando en forma compatible con la calidad ambiental, todas las técnicas adecuadas y conocimientos existentes para reducir una población de malezas a los niveles establecidos como umbral.

Resulta fundamental la conjugación de los métodos de control evaluados con el estudio realizado sobre la biología y ecología de la maleza, que en forma conjunta con medidas preventivas, servirán como base para el manejo integrado de *B. ulicina* (Fig. 7.1).

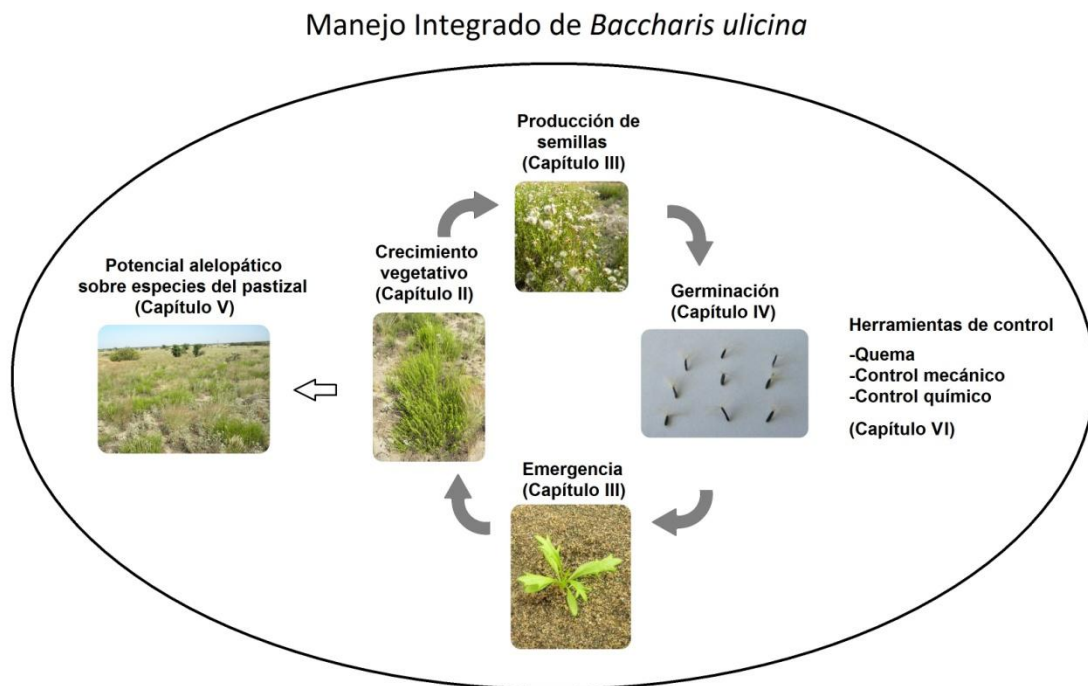


Figura 7.1. Esquema de manejo integrado de *B. ulicina*, donde se involucran la información generada de aspectos biológicos y ecológicos de la especie con las herramientas de control evaluadas.

Aspectos de interés para futuras líneas de estudio

Si bien en términos generales los objetivos planteados inicialmente fueron alcanzados en el transcurso de esta tesis, es posible definir algunos aspectos que podrían resultar de interés a la hora de realizar futuros estudios que contribuirían a complementar la información generada.

Sería beneficioso un mayor conocimiento con respecto a la respuesta tanto del crecimiento de *B. ulicina*, como de su dinámica de producción de semillas y el poder germinativo de las mismas al ambiente en que se desarrolla la especie. En el presente estudio se abarcan diferentes ciclos anuales y localidades en la investigación de dichos procesos, aunque para un entendimiento más íntegro de la influencia del ambiente sería muy positiva la incorporación de estudios similares en otras localidades o años. Adicionalmente, esta información podría utilizarse en modelos que permitan predecir la expansión de *B. ulicina* en nuevas áreas.

Debido a la importancia de la emergencia en el ciclo de vida de las malezas, un mayor conocimiento sobre el comportamiento de las semillas de *B. ulicina* en el banco de semillas, así como el esclarecimiento de las causas por las que las mismas se pierden, se convertiría en información complementaria de gran valor.

Con respecto al efecto de las condiciones ambientales que afectan la germinación, resultaría un importante aporte dilucidar, tanto si existen interacciones entre las variables temperatura y fotoperiodo sobre dicho proceso, como la influencia de la relación de la radiación rojo/rojo lejano sobre las semillas.

Los efectos fitotóxicos registrados a partir de la utilización de soluciones realizadas con tejidos de *B. ulicina* sobre la germinación y el establecimiento de especies nativas y cultivadas no pueden ser directamente extrapolados a condiciones de campo, siendo necesario para ello estudios adicionales. En los mismos deberían contemplarse, entre los aspectos más importantes, la influencia del ambiente en el estímulo de la producción de metabolitos, las posibles modificaciones que pueden realizar los microorganismos sobre los

productos sintetizados una vez liberados y mayores estudios a nivel bioquímico donde se identifique/n dicho/s compuesto/s y se evalúe/n aisladamente para corroborar los efectos encontrados. Sólo de esta forma sería posible asociar efectivamente tales compuestos a los efectos observados, lo que permitiría determinar en qué concentración se halla en la planta, así como el sitio donde es producido o almacenado, aspectos de su liberación, y sobre todo en qué concentración se encuentra en el ambiente.

Finalmente, en lo que respecta a técnicas de manejo, serían importantes estudios en los que se contemple el efecto de fuegos sucesivos sobre la supervivencia de *B. ulicina*, así como la determinación del efecto sobre la reproducción de la especie en ambientes con este tipo de disturbios. Se identifica como prioritario la evaluación de otros principios activos (por ejemplo Aminopyralid, Dicamba, Clopiralid y eventualmente combinaciones de ellos) que puedan resultar como variantes de control químico. Sin lugar a dudas, un aspecto fundamental a considerar sería la realización de ensayos que consideren la combinación de diferentes herramientas de control evaluadas de manera aislada en la presente tesis.

Bibliografía

- Abad Martínez M.J., Latourrette Bessa A. y Bermejo Benito P. 2005. Biologically active substances from the genus *Baccharis* L. (Compositae). *Studies in Natural Products Chemistry* 30:703-759.
- Abad Martínez M.J. y Bermejo P. 2007. *Baccharis* (Compositae): a review update. *Arkivoc* 76-96.
- Abramoff M.D., Magalhaes P.J. y Ram S.J. 2004. Image Processing with ImageJ. *Biophotonics International* 11:36-42.
- Acosta J., Bentivegna D., Panigo E., Dellaferrera I. y Perreta M. 2013. Factors affecting seed germination and emergence of *Gomphrena perennis*. *Weed Research* 53:69-75.
- Adams F. 1984. Crop response to lime in the southern United States. En: Soil acidity and liming. Adams F. American Society of Agronomy. Madison, USA. Pp 211-265.
- Agren J. 1987. Intersexual differences in phenology and damage by herbivores and pathogens in dioecious *Rubus chamaemorus* L. *Oecologia* 72:161-169.
- Aldrich R.J. y Kremer R.J. 1997. Competitiveness of weeds. En: Aldrich R. J.; Kremer, R. J. Principles in weed management. Iowa State University Press. Ames, USA. Pp: 15-34.
- Allain L. y Grace J.B. 2001. Changes in density and height of the shrub *Baccharis halimifolia* following burning in coastal tallgrass prairie. *Proceedings of the North American Prairie Conference* 17:66-72.
- Almansouri M., Kinet J.M. y Lutts S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and soil* 231:243-254.
- Andersson L. y Milberg P. 1998. Variation in seed dormancy among mother plants, populations and years of seed collection. *Seed Science Research* 8:29-38.
- Andrade M.I., Laporta P. y Iezzi L. 2009. Sequías en el sudoeste bonaerense: Vulnerabilidad e incertidumbre. *Geograficando*. 5:213-33.
- Angevine M. y Chabot B. 1979. Seed germination syndromes in higher plants. *Topics in Plant Population Biology*. Columbia University Press. Nueva York, USA. 188-206.
- Archer S. 1995. Tree-grass dynamics in a Prosopis-thornscrub savanna parkland: Reconstructing the past and predicting the future. *Ecoscience* 2:83-99.
- Ariza Espinar L. 1973. Las especies *Baccharis* (Compositae) de Argentina central. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias Córdoba* 50: 232.
- Ariza Espinar L. y Novara L. 2005. Asteraceae-Tribu 3. Astereae. *Aportes Botánicos de Salta-Serie Flora* 12: 1-163.
- Arjenaki F.G., Jabbari R. y Morshedi A. 2012. Evaluation of drought stress on relative water content, chlorophyll content and mineral elements of wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4:726-729.
- Ashton F.M. y Crafts A.S. 1973. *Mode of action of herbicides*. Wiley. New York, USA. 525 pp.
- Aubertin G. y Kardos L. 1965. Root growth through porous media under controlled conditions: I. Effect of pore size and rigidity. *Soil Science Society of America Journal* 29:290-293.
- Augspurgér C.K. 1979. Irregular rain cues and the germination and seedling survival of a Panamanian shrub (*Hybanthus prunifolius*). *Oecologia* 44:53-59.
- Azofeifa A. y Moreira M.A. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 58:57-67.

- Bailey L.H. 1895. General Observations Respecting the Care of Fruit Trees: With Some Reflections Upon Weeds. Bulletin Cornell University Agricultural Experiment Station 102, 522-526.
- Baker H.G. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology* 53:997-1010.
- Bandeem J.D.K y Buchholtz P. 1967. Competitive effects of quackgrass upon corn as modified by fertilization. *Weeds*. 15: 220-224.
- Barelli E. 2010. También es histórica la caída del stock bovino. *El Mensual Ganadero*. Bolsa de Cereales y Productos de Bahía Blanca.
- Baskin C.C. y Baskin J.M. 1998. *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press. Nueva York, USA. 666 pp.
- Bassi T., Miñón D.P. y Giorgetti H.D. 2009. Efectos de la sequía en la ganadería bovina en el noreste patagónico: Análisis de la situación actual y perspectivas. Período 2001-2009. Ediciones INTA. 16: 27 pp.
- Baylis A.D. 2000. Why glyphosate is a global herbicide: strengths, weaknesses and prospects. *Pest management Science* 56:299-308.
- Beaton L.L. y Dudley S.A. 2013. Tolerance of roadside and old field populations of common teasel (*Dipsacus fullonum* subsp. *sylvestris*) to salt and low osmotic potentials during germination. *AoB Plants*. 28 pp. Versión on line, disponible en: <http://aobpla.oxfordjournals.org/content/5/plt001.full>
- Beckstead J., Meyer S.E. y Allen P.S. 1996. *Bromus tectorum* seed germination: between-population and between-year variation. *Canadian Journal of Botany* 74:875–882.
- Benech-Arnold R.L., Sánchez R.A., Forcella F., Kruk B. C. y Ghersa C.M. 2000. Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research* 67:105-122.
- Benefield C., Di Tomaso J., Kyser G., Orloff S., Churches K., Marcum D. y Nader G. 1999. Success of mowing to control yellow starthistle depends on timing and plant's branching form. *California Agriculture* 53:17-21.
- Bentivegna D.J. y Zalba S.M. 2014. Plantas invasoras. En: Fernández O.A., E.S. Leguizamón, y H.A. Acciaresi. *Malezas e Invasoras de la Argentina, Tomo I: Ecología y Manejo*. EdiUNS. Bahía Blanca, Argentina. Pp 227-262.
- Benvenuti S., Macchia M. y Miele S. 2001. Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. *Weed Science* 49:528-535.
- Berger S., Sinha A.K. y Roitsch T. 2007. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant–pathogen interactions. *Journal of Experimental Botany* 58:4019-4026.
- Bewley J.D. 1997. Seed germination and dormancy. *The Plant Cell* 9:1055.
- Bewley J.D. y Black M. 1994. *Seeds: Physiology of development and germination*. Plenum. Nueva York, USA. 445 pp.
- Biasutti C. y Peiretti D. 1992. Asociación de caracteres morfológicos en poblaciones de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de estrés y no estrés hídrico. *Agriscientia* 9:59-64.
- Biederbeck V.O., Campbell C.A. y Smith A.E. 1987. Effects of long-term 2,4-D field applications on soil biochemical processes. *Journal of Environmental Quality* 16:257–262.
- Bilenca D. y Miñarro F. 2004. Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Fundación Vida Silvestre. Buenos Aires, Argentina. 352 pp.
- Blatchley W.S. 1912. *The Indiana Weed Book*. Nature Publishing Company. Indianapolis. 191 pp.

- Bloom A.J., Chapin F.S. y Mooney H.A. 1985. Resource limitation in plants-an economic analogy. *Annual review of Ecology and Systematics* 16:363-392.
- Bohlmann F., Banerjee S., Jakupovic J., Grenz M., Misra L., Schmeda-Hirschmann G., King R. y Robinson H. 1985. Clerodane and labdane diterpenoids from *Baccharis* species. *Phytochemistry* 24:511-515.
- Bohm B.A. y Stuessy T.F. 2001. *Flavonoids of the sunflower family*. Springer-Verlag/Wien. 831pp.
- Bohn V., Piccolo M., Perillo G. 2011. Análisis de los períodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista de Climatología* 11:31-43.
- Bolton M.D. 2009. Primary metabolism and plant defense-fuel for the fire. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 22:487-497.
- Bond W. y Grundy A. C. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research* 41:383-405.
- Bóo R.M. 1980. El fuego en los pastizales. *Ecología Argentina* 4:13-17.
- Boo R.M. 1990. Algunos aspectos a considerar en el empleo del fuego. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa* 5: 63-80.
- Boo R.M., Peláez D.V., Bunting S.C., Elia O.R. y Mayor M.D. 1996. Effect of fire on grasses in central semi-arid Argentina. *Journal of Arid Environments* 32:259-269.
- Boo R.M., Peláez D.V., Bunting S.C., Mayor M.D. y Elia O.R. 1997. Effect of fire on woody species in central semi-arid Argentina. *Journal of Arid Environments* 35:87-94.
- Borella J., Martinazzo E.G., Aumonde T.Z., Amarante L., Moraes D. y Villela F.A. 2012. Respostas na germinação e no crescimento inicial de rabanete sob ação de extrato aquoso de *Piper mikianium* (Kunth) Steudel. *Acta Botanica Brasilica* 26:415-420.
- Borgignon O.J. y Picolo A.L. 1982. Fenología de *Hydrocotyle leucocephala* Cham. *Rodriguesia*, 34:91-100.
- Bradford K.J. 1994. Water stress and the water relations of seed development: a critical review. *Crop Science* 34:1-11.
- Bradshaw A.D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13:115-155.
- Bradshaw S.D., Dixon K.W., Hopper S.D., Lambers H. y Turner S.R. 2011. Little evidence for fire-adapted plant traits in Mediterranean climate regions. *Trends in Plant Science* 16:69-76.
- Brenchley W.E. 1916. The effect of the concentration of the nutrient solution on the growth of barley and wheat in water cultures. *Annals of Botany* 30:77-91.
- Breshears D.D., Rich P.M., Fairley J.B. y Campbell K. 1997. Overstory-imposed heterogeneity in solar radiation and soil moisture in a semiarid woodland. *Ecological Applications* 7:1201-1215.
- Briggs G.E., Kidd F. y West C. 1920. A quantitative analysis of plant growth: part II. *Annals of applied Biology* 7:202-223.
- Broholm S.K., Tähtiharju S., Laitinen R.A., Albert V.A., Teeri T.H. y Elomaa P. 2008. A TCP domain transcription factor controls flower type specification along the radial axis of the *Gerbera* (Asteraceae) inflorescence. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. 105: 9117-9122.
- Brouwer R. 1962. Distribution of dry matter in the plant. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 10:361-176.
- Brown J.K., Reinhardt E.D. y Fischer W.C. 1991. Predicting duff and woody fuel consumption in northern Idaho prescribed fires. *Forest Science* 37:1550-1566.

- Brunson M. y Huntsinger L. 2008. Ranching As A Conservation Strategy: Can Old Ranchers Save The New West? *Rangeland Ecology & Management* 61:137–47.
- Budel J.M., Duarte M.R., Santos C.A., Farago P.V. y Matzenbacher N.I. 2005. O progresso da pesquisa sobre o gênero *Baccharis*, Asteraceae: I - Estudos botânicos. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 15:268-271.
- Bunch R. 2004. Adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura. *LEISA Revista de Agroecología* 19:11-13.
- Burgos J. 1963. El clima de las regiones áridas de la Argentina. *RIA*. 17, 4: 385-403.
- Burgos J. y Vidal A. 1951. Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite. *Revista Meteoros* 1:3-32.
- Busso C.A., Bóo R.M. y Peláez D.V. 1993. Fire effects on bud viability and growth of *Stipa tenuis* in semiarid Argentina. *Annals of Botany* 71: 377-381.
- Butler R.A., Brouder S.M., Johnson W.G. y Gibson K.D. 2013. Response of Four Summer Annual Weed Species to Mowing Frequency and Height. *Weed Technology* 27:798-802.
- Cabrera A. L. 1971. Compositae. En: M.N. Correa (ed.) *Flora Patagónica*. Colección Científica INTA, parte VII. Buenos Aires, Argentina. 451 pp.
- Cabrera A.L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. En: W.F Kugler. *Enciclopedia argentina de agricultura y jardinería*. Tomo II. Acme. Buenos Aires, Argentina. Pp: 1-85.
- Campo A., Capelli de Steffens A. y Diez P. 2004. El clima del Suroeste bonaerense. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo. 105 pp.
- Campo A., Ramos M. y Zapperi P. 2009. Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense, Argentina. *Actas del 12° encuentro de Geógrafos de América Latina*. Montevideo, Uruguay. 12 pp.
- Campo A.M., Gil V., Gentili J., Volonte A. y Duval A. 2011. Inventario de eventos climáticos – meteorológicos extremos. Suroeste Bonaerense (1995 - 2010). *Párrafos Geográficos* 10:102–15.
- Campos N.R y Scarpa G.F. 2013. The cultural-bound disease “empacho” in Argentina. A comprehensive botanico-historical and ethnopharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology* 2: 349–360.
- Caño L., García-Magro D. y Herrera M. 2013. Phenology of the dioecious shrub *Baccharis halimifolia* along a salinity gradient: Consequences for the invasion of Atlantic subhalophilous communities. *Plant Biosystems* 147:1128-1138.
- Capelli de Steffens A. y Campo A. 1994. La transición climática en el Sudoeste bonaerense; En: SIGEO, Bahía Blanca; Sección de Investigación del Departamento, U.N.S de Geografía. 5: 75.
- Cariddi L., Escobar F., Sabini C., Torres C., Reinoso E., Cristofolini A., Comini L., Montoya S.N. y Sabini L. 2012. Apoptosis and mutagenicity induction by a characterized aqueous extract of *Baccharis articulata* (Lam.) Pers. (Asteraceae) on normal cells. *Food and Chemical Toxicology* 50:155-161.
- Carneiro M.A. y Fernandes G.W. 1996. Herbivoria. *Ciência Hoje* 20: 35-39.
- Carrick P.J. y Krüger R. 2007. Restoring degraded landscapes in lowland Namaqualand: Lessons from the mining experience and from regional ecological dynamics. *Journal of Arid Environments* 70:767–81.
- Carrizo Flores R., Ponzi M., Ardanaz C., Tonn C.E. y Donadel O.J. 2009. Chemical composition of essential oil of *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pavon) Pers. and antibacterial activity. *Journal of the Chilean Chemical Society* 54:475-476.
- CASAFE. 2011. Guía de Productos Fitosanitarios. 1978 pp.

- Casierra-Posada F. y Rodríguez S. 2006. Tolerancia de plantas de feijoa (*Acca sellowiana* [Berg] Burret) a la salinidad por NaCl. *Agronomía Colombiana* 24:258-265.
- Castro H.G., Casali V.W.D y Cecon P.R. 1999. Crescimento inicial e épocas de colheita em seis acessos de *Baccharis myriocephala* DC. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 2:1-6.
- Castro H.G., Silva D.J.H., Ferreira F.A. y Ribeiro Júnior J.I. 2002. Estabilidade da divergência genética em seis acessos de carqueja. *Planta Daninha* 20:33-37.
- Causton D.R. y Venus J.C. 1981. *The biometry of plant growth*. Edward Arnold. Londres, Inglaterra. 307 pp.
- Cazón A., De Viana M. y Gianello J.C. 2000. Identificación de un compuesto alelopático de *Baccharis boliviensis* (Asteraceae) y su efecto en la germinación de *Trichocereus pasacana* (Cactaceae). *Revista de Biología Tropical* 48:47-51.
- Censo Nacional Agropecuario (CNA). 2002. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). <http://www.indec.gov.ar/Agropecuario/>.
- Chachalis D. y Reddy K.N. 2000. Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. *Weed Science* 48:212–216.
- Chachalis D., Korres N. y Khah E.M. 2008. Factors affecting seed germination and emergence of Venice mallow (*Hibiscus trionum*). *Weed Science* 56:509-515.
- Chauhan B.S. y Johnson D.E. 2008. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of *Eclipta prostrata* in a Tropical Environment. *Weed Science* 56:383-388.
- Chauhan B.S. y Johnson D.E. 2009. Seed germination and seedling emergence of *Synedrella nodiflora* in a tropical environment. *Weed Science* 57:36-42.
- Chauhan B.S., Gill G. y Preston C. 2006. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of Oriental mustard (*Sisymbrium orientale*). *Weed Science* 54:1025-1031.
- Chory J. 1997. Light modulation of vegetative development. *Plant Cell* 9:1225-1234.
- Cipollini M.L. y Whigham D.F. 1994. Sexual dimorphism and cost of reproduction in the dioecious shrub *Lindera benzoin* (Lauraceae). *American Journal of Botany* 8:65-75.
- Clampitt C.A. 1987. Reproductive biology of *Aster curtus* (Asteraceae), a Pacific Northwest endemic. *American Journal of Botany* 74:941-946.
- Clark J.S. 1986. Dynamism in the barrier-beach vegetation of Great South Beach, New York. *Ecology Monography* 56:97- 126.
- Coleman J.S. y McConnaughay K.D.M. 1995 A non-functional interpretation of a classical optimal partitioning example. *Functional Ecology* 9:951–954.
- Coleman J.S., McConnaughay K.D.M. y Ackerly D.D. 1994. Interpreting phenotypic variation in plants. *Trends in Ecology and Evolution* 9:187–191.
- Conti V.P. y Adúriz A. 2010. El impacto de la sequía en el sector agropecuario del extremo sur del secano de Patagones. *Revista Pilquen*. 10:1-7.
- Copeland L.O. y McDonald M.B. 1995. Seed germination. En: *Principles of Seed Science and Technology*. Copeland L.O. y McDonald M.B. Kluwer Academic Publishers. Boston, USA. Pp 59-110.
- Corrêa M.P. 1984. *Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Ministério da Agricultura, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, Brasília, DF. Imprensa Nacional Brasília. Vol. I-VI.
- Costanza R., D'arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. y Van den Belt M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.

- Cox S. 2006. Civilization's weedy roots. En: Bontz S. y Wolf D. 2006. The Land Report 84 (Spring). Salina, USA. Pp. 8–10.
- Cronquist A. 1980. Vascular Flora of the Southeastern United States Asteraceae. vol. 1. Chapel-Hill: The University of North Carolina Press. USA. 261 pp.
- Cronquist A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York. Columbia University Press. 1262 pp.
- Cui H.L., Wang C.Y., Han Y.J., Chen L. y Li X. 2015. Cross-resistance of *Alopecurus japonicus* (Japanese foxtail) to ACCase-inhibitors in China. *Weed Technology* 29:444-450.
- Cullum A.J., Bennett A.F. y Lenski R.E. 2001. Evolutionary adaptation to temperature. IX. Preadaptation to novel stressful environments of *Escherichia coli* adapted to high temperature. *Evolution* 11:2194-2202.
- D'Ambrosio G.T.D., Bohn V.Y., Piccolo M.C. 2013. Evaluación de la sequía 2008-2009 en el oeste de la Región Pampeana (Argentina). *Cuadernos Geográficos*. 52:29–45.
- da Silva A.G. y de Carvalho R.I.N. 2009. Efeito alelopático de extratos de carqueja (*Baccharis trimera*) e confrei (*Symphytum officinale*) em sementes e plântulas de girassol. *Revista Acadêmica: Ciências agrárias e ambientais* 7: 23-32.
- da Silva P.G. y Bartolome J.W. 1984. Interaction between a shrub, *Baccharis pilularis* subsp. *consanguinea* (Asteraceae), and an annual grass, *Bromus mollis* (Poaceae), in coastal California. *Madroño* 31:93-101.
- Daddow R.L. y Warrington G.E. 1983. Growth-limiting soil bulk densities as influenced by soil texture. Informe WSDG-TN- 00005 de Watershed Systems Development Group. USDA Forest Service. Fort Collins, USA. 17 pp.
- Dakessian S., Brown M. y Bethlenfalvay G. 1986. Relationship of mycorrhizal growth enhancement and plant growth with soil water and texture. *Plant and Soil* 94:439-443.
- Davenport D.W., Breshears D.D., Wilcox B.P. y Allen C.D. 1998. Viewpoint: Sustainability of piñon-juniper ecosystems -a unifying perspective of soil erosion thresholds. *Journal of Range Management* 51:231-240.
- de Batista M., Duran R. y Scoconi L. 2012. Cadena ganadera bovina en el sudoeste bonaerense: un estudio descriptivo. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente* 5:509–32.
- de Noir F.A., Bravo S. y Abdala R. 2002. Mecanismos de dispersión de algunas especies de leñosas nativas del Chaco Occidental y Serrano. *Quebracho* 9:140-150.
- de Tempe J. y Binnerts J. 1961. Introduction to methods of seed health testing. *Seed Science & Technology* 7:601-636.
- de Villalobos A.E. 2013. El sobrepastoreo del ganado doméstico como disparador de la arbustización. *BioScriba* 6: 51-57.
- de Villalobos, A.E. y Zalba, S.M. 2010. Continuous feral horse grazing and grazing exclusion in mountain pampean grasslands in Argentina. *Acta Oecologica* 36: 514-519.
- Debano L.F., Neary D.G. y Ffolliott P. F. 1998. Fire's effects on ecosystems. Wiley. New York, USA. 333 pp.
- Deguchi S., Uozumi S., Touno E., Kaneko M. y Tawarayama K. 2014. White clover living mulch controlled only by mowing supplies nitrogen to corn. *Soil Science and Plant Nutrition* 60:183-187.
- Derr J.F. 2008. Common reed (*Phragmites australis*) response to mowing and herbicide application. *Invasive Plant Science and Management* 1:12-16.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- Di Tomaso J.M. 2000. Invasive weeds in rangelands: Species, impacts, and management. *Weed Science* 48:255–65.
- Dill G.M., CaJacob C.A. y Padgett S.R. 2008. Glyphosate-resistant crops: adoption, use and future considerations. *Pest management science* 64:326-331.
- Dirr M.A. y Heuser C.W. 1987. *The reference manual of woody plant propagation: from seed to tissue culture*. Varsity Press. Atenas, Grecia. 239 pp.
- Distel R.A. y Bóo R.M. 1996. Vegetation state sand transitions in temperate semiarid rangelands of Argentina. *Proceedings of the Fifth International Rangeland Congress*. Salt Lake City: USA. Pp 117–118.
- Dixon K.W., Merritt D.J., Flematti G.R. y Ghisalberti E.L. 2009. Karrikinolide—a phytoactive compound derived from smoke with applications in horticulture, ecological restoration and agriculture. *Acta Horticulturae* 813:155–70.
- Donald W.W. 2000. Between-row mowing plus in-row band-applied herbicide for weed control in *Glycine max*. *Weed Science* 48:487-500.
- Duke S.O. 2003. Ecophysiological aspects of allelopathy. *Planta* 217:529-539.
- Duke S.O. y Powles S.B. 2008. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Management Science* 64:319-325.
- Durán R., Galantini J., Scoponi L., Sánchez M., Pesce G., De Batista M., Chimeno, P., Cordisco M., Oliveras G., Merino L. y Gzain M. 2013. Análisis económico y valuación de efectos ambientales de los sistemas de labranza. Estudio de caso en el SO Bonaerense. *Ciencia y experiencia para una siembra directa sustentable en los ambientes frágiles del S y SO Bonaerense*. Pp 111-121.
- Ebrahimi E. y Eslami S.V. 2012. Effect of environmental factors on seed germination and seedling emergence of invasive *Ceratocarpus arenarius*. *Weed Research* 52:50–59.
- Egan J.F., Barlow K.M. y Mortensen D.A. 2014. A meta-analysis on the effects of 2,4-D and dicamba drift on soybean and cotton. *Weed Science* 62:193-206.
- Egley G.H. y Duke S.O. 1985. Physiology of weed seed dormancy and germination. En: *Weed physiology, reproduction and ecophysiology*. Duke S.O. CRC Press. Boca Ratón, USA. Pp 27–64.
- Ellis R.H. y Roberts E.H. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. En: *Seed Production*. Hebblethwaite P.D. Londres, Inglaterra. Pp 605-635.
- Elmore M.T., Brosnan J.T., Armel G.R., Vargas J.J. y Breeden G.K. 2015. Influence of herbicide safeners on creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*) tolerance to herbicides. *Weed Technology* 29:550-560.
- Elmqvist T., Cates R.G., Harper J.K. y Gardfjell H. 1991. Flowering in males and females of a Utah willow, *Salix rígida*, and effects on growth, tannins, phenolic glycosides and sugars. *Oikos* 61:65-72.
- Epstein E. 1998. How calcium enhances plant salt tolerance. *Science* 280:1906-1907.
- Erickson R.O. 1976. Modelling of plant growth. *Annual Review of Plant Physiology* 27:407-434.
- Espírito-Santo M., Madeira B., Neves F., Faria M., Fagundes M. y Fernandes G.W. 2003. Sexual differences in reproductive phenology and their consequences for the demography of *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae), a dioecious tropical shrub. *Annals of Botany* 91:13-19.
- European Weed Research Society. 1986. *Constitution European Weed Research Society*. 15 pp.
- FAO. 1996. *Principios de Manejo de Praderas Naturales*. INTA Argentina y Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2da Ed. Santiago, Chile. 273 pp.

- Farajzadeh E., Tabrizi M. y Yarnia M. 2011. Effect of Allelopathic combinations corn on the important biodiversity of weeds. *Annals of Biological Research* 2:100–103.
- Fernández Casas J. y Susanna A. 1987. Plantas vasculares de Bolivia. *Anales Jardín Botánico Madrid* 44:459-482.
- Fernández O.A. 1982. Manejo Integrado de Malezas. *Planta Daninha* 2:69-79.
- Fernández O.A. y Busso C.A. 1999. Arid and semi-arid rangelands: Two thirds of Argentina, Rala Report 200—Case Studies of Rangeland Desertification, Proceedings of the Rangeland Desertification—International Workshop. Agriculture Research Institute: Reykjavik, Islandia. 41–60.
- Fernández O.A., Leguizamón E.S. y Acciaresi H.A. 2014. Malezas e Invasoras de la Argentina: Ecología y Manejo. *Ediuns. Bahía Blanca, Argentina*. 945 pp.
- Ferreira Dos Santos R., Isobe M.T.C., Lalla J.G., Haber L.L., Marques M.O. y Ming L.C. 2012. Composição química e produtividade dos principais componentes do óleo essencial de *Baccharis dracunculifolia* DC. em função da adubação orgânica. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 14:224–34.
- Ferri M.V.W., Eltz F. y Kruse N.D. 1998. Dessecação do campo nativo para semeadura direta da cultura da soja. *Ciencia Rural* 13:23-31.
- Finch-Savage W.E. y Leubner-Metzger G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New phytologist* 171:501-523.
- Flint J.L. y Barrett M. 1989. Effect of glyphosate combinations with 2,4-D or Dicamba on Field Bindweed (*Convolvulus arvensis*). *Weed Science* 37:12-18.
- Forcella F., Benech Arnold R.L., Sanchez R. y Ghersa C.M. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crops Research* 67:123-139.
- Foyer C.H., Lelandais M. y Kunert K.J. 1994. Photooxidative stress in plants. *Physiologia Plantarum* 92:696-717.
- Frick B. y Thomas A.G. 1992. Weed surveys in different tillage systems in southwestern Ontario field crops. *Canadian Journal of Plant Science* 72:1337-1347.
- Fujii G.Y., Kamo T., Hiradate S., Shindo M. y Shishido K. 2012. Isolation and identification of novel allelochemicals and utilization of allelopathic cover plants for sustainable agriculture. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 18:181–186.
- Gardner B.R., Blad B.L., Thompson D.R. y Henderson K.E. 1985. Evaluation and interpretation of thematic mapper ratios in equations for estimating corn growth parameters. *Remote Sensing of Environment* 18:225–234.
- Gedroc J.J., McConnaughay K.D.M. y Coleman J.S. 1996. Plasticity in root/shoot partitioning: optimal, ontogenetic, or both?. *Functional Ecology* 10:44–50.
- Gil V., Zapperi P., Campo A., Iuorno M. y Ramborger M. 2008. Análisis de las precipitaciones de otoño y primavera en el Suroeste bonaerense. VII Jornadas de Geografía Física. Universidad Católica de Santiago del Estero. San Salvador de Jujuy. Pp: 149-158
- Gilberti L.H. 2012. Potencial para o uso da espécie nativa, *Baccharis dracunculifolia* DC (Asteraceae) na fitorremediação de áreas contaminadas por (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Minas Gerais).
- Giorgis M.A., Cingolani A.M., Chiarini F., Chiapella J., Barboza G., Ariza Espinar L., Morero R., Gurvich D.E., Tecco P.A. y Subils R. 2011. Composición florística del Bosque Chaqueño Serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtziana* 36:9-43.
- Giuliano D.A. 2000. Asteraceae. Parte 15. Tribu III. Astereae, parte A. Subtribu c. Baccharidinae. *Flora Fanerogámica Argentina*. 66:1–74.
- Giuliano D.A. 2001. Clasificación infragenérica de las especies argentinas de *Baccharis* (Asteraceae; Astereae). *Darwiniana* 39:131-154.

- Giuliano D.A. y Freire S.E. 2011. Nuevas secciones en *Baccharis* (Asteraceae, Astereae) de América Del Sur 1. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 98:331–47.
- Glenn E.P., Brown J.J. y Blumwald E. 1999. Salt tolerance and crop potential of halophytes. *Critical Reviews in Plant Science* 2:227-255.
- Gómez A. y Gallopín G.C. 1991. Estimación de la productividad primaria neta de ecosistemas terrestres del mundo en relación a factores ambientales. *Ecología Austral* 1:24-40.
- Gonzaga Verdi L., Costa Brighente I.M. y Pizzolatti M.G. 2005. Género *Baccharis* (Asteraceae): aspectos químicos, económicos e biológicos. *Química Nova* 28:85-94.
- González-Zertuche, L. y A. Orozco-Segovia (1996). Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58:15-30.
- Grace J.B., Anderson T.M., Seabloom E.W., Borer E.T., Adler P.B., Harpole W.S., Hautier Y., Hillebrand H., Lind E.M., Pärtel M., Bakker J.D., Buckley Y.M., Crawley M.J., Damschen E.I., Davies K.F., Fay P.A., Firn J., Gruner D.S., Hector A., Knops J.M.H., MacDougall A.S., Melbourne B.A., Morgan J.W., Orrock J.L., Prober S.M. y Smith M.D. 2016. Integrative modelling reveals mechanisms linking productivity and plant species richness. *Nature*. 529:390-393.
- Greene H.C. y Curtis J.T. 1950. Germination studies of Wisconsin prairie plants. *American Midland Naturalist* 43:186-194.
- Grime J.P. y Hunt R. 1975. Relative growth-rate: its range and adaptive significance in a local flora. *Journal of Ecology* 63:393-422.
- Gunsolus J.L. 1990. Mechanical and cultural weed control in corn and soybeans. *American Journal of Alternative Agriculture* 5:114-119.
- Harper J.L. y Ogden J. 1970. The reproductive strategy of higher plants: I. The concept of strategy with special reference to *Senecio vulgaris* L. *The Journal of Ecology* 58:681-698.
- Harrington J.F. 1972. Seed storage and longevity. *Seed biology* 3:145-245.
- Hatler W.L. y Hart C.R. 2009. Water Loss and Salvage in Saltcedar (*Tamarix* spp.) Stands on the Pecos River, Texas. *Invasive Plant Science and Management* 2:309–17.
- Havstad K., Peters D., Allen-Diaz B., Bartolome J., Bestelmeyer B., Briske D., Brown J., Brunson M., Herrick J., Huntsinger L., Johnson P., Joyce L., Pieper R., Svejcar T. y Yao J. 2009. The Western United States Rangelands: A Major Resource. En: W.F. Wedin y S.L. Fales [eds.]. *Grasslands: Quietness and Strength for a New American Agriculture*. Soil Science Society of America: Madison, WI, USA. Pp 75-93.
- He H.B., Wang H.B., Fang C.X., Lin Z.H., Yu Z.M. y Lin W.X. 2012. Separation of allelopathy from resource competition using rice/barnyardgrass mixed-cultures. *PloS one* 7:e37201. Disponible en: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0037201>
- Heiden G. y Pirani J.R. 2012. *Baccharis napaea* (Asteraceae, Astereae): A new species of subgen. *Tarchonanthoides* sect. *Coridifoliae* from the subtropical highlands of Southern Brazil. *Phytotaxa*. 66:53–4.
- Hemborg A.M. y Karlsson P.S. 1999. Sexual differences in biomass and nutrient allocation of first-year *Silene dioica* plants. *Oecología* 118:453-460.
- Hemstrom M.A., Wisdom M.J., Hann W.J., Rowland M.M., Wales B.C. y Gravenmier R.A. 2002. Sagebrush-steppe vegetation dynamics and restoration potential in the interior Columbia Basin, U.S.A. *Conservation Biology* 16:1243–55.

- Hermosín M.C., Celis R., Fanceda G., Carrizosa M., Ortega-Calvo J. y Cornejo J. 2006. Bioavailability of the herbicide 2,4-D formulated with organoclays. *Soil Biology & Biochemistry* 38:2117–2124.
- Herms D.A. y Mattson W.J. 1992. The dilemma of plants: to grow or defend. *Quarterly Review of Biology* 63:283-352.
- Hester M.W., Mendelsshon I.A. y McKee K.L. 1996. Intraspecific variation in salt tolerance and morphology in the coastal grass *Spartina patens* (Poaceae). *American Journal of Botany* 83:1521-1527.
- Hooker W.J y Arnott G.A. 1840. *Journal of Botany* 3:17: 38.
http://www.lcrmscp.gov/reports/2011/e24_sal_sod_mon_rem_may11.pdf
- Hudson E.E. y Stiling P. 1997. Exploitative competition strongly affects the herbivorous insect community on *Baccharis halimifolia*. *Oikos* 79: 521-528.
- Hughes A. y Freeman P. 1967. Growth analysis using frequent small harvests. *Journal of Applied Ecology* 4:553-560.
- Humburg, N.E. 1989. *Herbicide handbook*. Sexta edición. Weed Science Society of America. Champaign, Illinois. 301 pp.
- Hunt R. 1979. Plant growth analysis: the rationale behind the use of the fitted mathematical function. *Annals of Botany* 43:245-249.
- Hunt R. 1988. Analysis of growth and resource allocation. *Weed Research* 28:459-463.
- Hunt R. 2003. Growth analysis, individual plants. En: *Encyclopaedia of applied plant sciences*. Thomas B., Murphy D.J. y Murray B.G. Academic Press. Londres, Inglaterra. Pp 579-588.
- Hunt R. y Parsons I.T. 1977. Plant growth-analysis: further applications of a recent curve-fitting program. *Journal of Applied Ecology* 14:965-968.
- Hunt R., Causton D.R., Shipley B. y Askew A.P. 2002. A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany* 90:485-488.
- Instituto de Botánica Darwinion, ANCEF N & CONICET. 2015. Base de datos del Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. Publicado en Internet en <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/>. [Acceso en junio de 2015] y en <http://www.floraargentina.edu.ar/>. [Acceso en febrero de 2015]
- Ithurrart L.S. 2015. Efectos de la defoliación luego de la quema de gramíneas perennes nativas, palatables y no palatables, en el sudoeste bonaerense. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. 222 pp.
- Iurman D. 2009 (a). “Patagones. La sequía más importante en la historia del distrito”, *Boletín Informativo*. INTA H. Ascasubi. 3 pp.
- Iurman D. 2009 (b). Diagnóstico y evaluación económica de alternativas tecnológicas para productores agropecuarios familiares de la zona de secano del Partido de Patagones (Buenos Aires). Tesis de Magister. Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur. 195 pp.
- Jarvis B.B., Mokhtari-Rejali N., Schenkel E.P, Barros C.S. y Matzenbacher N.I. 1991. Trichothecene mycotoxins from brazilian *Baccharis* species. *Phytochemistry* 30:789-797.
- Jeffrey C. 2007. Compositae: Introduction with key to tribes. En: *Families and Genera of Vascular Plants, Flowering Plants, Eudicots, Asterales*. Kadereit J.W. y Jeffrey C. Springer. Berlin, Alemania. Pp: 61- 87.
- Karrfalt R.P., y Olson. D.F.J. 2008. *Baccharis* L. En: Bonner F.T. y Karrfalt, R.P. editors. *The Woody Plant Seed Manual*. USDA Forest Service Agricultural Handbook 727. Pp: 291-294

- Kendrick R.E. y Kronenberg G. 1994. Photomorphogenesis in plants. Kluwer Academic Publisher. Dordrecht, Holanda. 563 pp
- Khan M.A., Kalsoom U., Khan I.M, Khan R. y Khan S.A. 2011. Screening the allelopathic potential of various weeds. *Pakistani Journal of Weed Science Research* 17:73-81.
- Kingsbury J. 1964. Poisonous plants of the United States and Canada. Prentice Hall. Englewood Cliffs, USA. 626 pp.
- Kissmann K.G. y Groth D. 1999. Plantas infestantes e nocivas. 2 ed. São Paulo: Basf. 798 pp.
- Klimes L. y Klimesova J. 2001. The effects of mowing and fertilization on carbohydrate reserves and regrowth of grasses: do they promote plant coexistence in species-rich meadows? *Evolutionary Ecology* 15:363–382.
- Koger C.H., Reddy K. N., y Poston D.H. 2004. Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). *Weed Science* 52:989–995.
- Kotowski F. 1926. Temperature relationship to germination of vegetable seeds. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 1:176-184.
- Kouissa B., Bouchouit K., Abed S., Essaidi Z., Derkowska B. y Sahraoui B. 2013. Investigation study on the nonlinear optical properties of natural dyes: Chlorophyll a and b. *Optics Communications* 293:75-79.
- Kozlowski T.T. 1982. Water supply and tree growth: Part I. Water deficits. *Forestry Abstracts, Commonwealth Forestry Bureau* 43:57-95.
- Kozlowski T.T. 1992. Carbohydrate sources and sinks in woody plants. *The Botanical Review* 58:107-222.
- Kozlowski T.T. y Pallardy S.G. 1997. Growth control in woody plants. Elsevier. Academic Press. San Diego, USA. 641 pp.
- Krepper C., Scian B. y Pierini J. 1989. Time and space variability of rainfall in central-east Argentina. *Journal of Climate* 2: 39–47.
- Krischik V.A. y Denno R.F. 1990a. Differences in environmental response between the sexes of the dioecious shrub *Baccharis halimifolia* (Compositae). *Oecologia* 83:176-181.
- Krischik V.A. y Denno R.F. 1990b. Patterns of growth, reproduction, defense and herbivory in the dioecious shrub *Baccharis halimifolia* (Compositae). *Oecologia* 83:182-190.
- Kuti J.O., Jarvis B.B., Mokhtari-Rejali N. y Bean G.A. 1990. Allelochemical regulation of reproduction and seed germination of two Brazilian *Baccharis* species by phytotoxic trichothecenes. *Journal of chemical ecology* 16:3441-3453.
- Laborde H. E. 2010. Una opinión sobre el estado actual y las perspectivas de la ganadería bovina en el Sudoeste Bonaerense. En Jornada "Condiciones para el Desarrollo de Producciones Agrícola-Ganaderas en el SO Bonaerense". 12 de noviembre de 2012. Bahía Blanca, Argentina. Pp 301-312.
- Labrada R., Caseley J.C. y Parker C. 1996. Manejo de malezas para países en desarrollo. Estudio FAO producción y protección vegetal. Editorial Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 403 pp.
- Lamberto S., A. Valle, E. Aramayo y A. Andrada. 1997. Manual ilustrado de las plantas silvestres de la región de Bahía Blanca. Ed. Diagrama. Bahía Blanca, Argentina. 548 pp.
- Ledig F.T. y Perry T.O. 1966. Physiological genetics of the shoot–root ratio. *Proceedings of the Society of American Foresters*. Washington D.C., USA: 39–43.
- Leonard E.R. 1962. Inter-relations of vegetative and reproductive growth, with special reference to indeterminat plants. *The Botanical Review* 28:353-410.

- Lértora W.J. y Negrette M.S. 2015. *Baccharis coridifolia* Poisoning in Water Buffalo (*Bubalus bubalis*) in the North of the Province of Corrientes , Argentina. Brazilian Journal of Veterinary Pathology 8:1–5.
- Lessani H. y Mojtahedi M. 2002. Introduction to plant physiology. Tehran University Press. Theran, Iran. 726 pp.
- Levy G.F. 1983. A study of vegetational dynamics on Parramore Island, Virginia. Castanea 48:32-36.
- Levy G.F. 1990. Vegetation dynamics of the Virginia barrier islands. Virginia Journal of Science 41:300-306.
- Linneo C. V. 1737. Flora Lapponica. Pl. XII. Amstelaedami. 372 pp.
- Lodhi M.A.K. 1976. Role of allelopathy as expressed by dominating trees in a lowland forest in controlling productivity and pattern of herbaceous growth. American Journal of Botany 63:1-8.
- Lucanera G. 2008. Caracterización de los productores del Sudoeste Bonaerense. Convenio UNS – MAA. Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur. 43
- Lynch J. 1995. Root architecture and plant productivity. Plant physiology 109:7.
- MacDonald G.E., Brecke B.J y Shilling D.G. 1992. Factors affecting germination of dogfennel (*Eupatorium capillifolium*) and yankeeweed (*Eupatorium compositifolium*). Weed Science 40:424-428.
- Macedo J.F. 1995. Fenologia da floração das plantas Invasoras no Campus-Pampulha da Universidade Federal de Minas Gerais. Daphne 5:15-27.
- Maharjan S., Shrestha B.B. y Jha P.K. 2007. Allelopathic effects of aqueous extract of leaves of *Parthenium hysterophorus* L. on seed germination and seedling growth of some cultivated and wild herbaceous species. Scientific World 5:33-39.
- Mairesse L.A.S., Costa E.C., Faria J.R. y Fiorins R.A. 2007. Bioatividade de extratos vegetais sobre alface (*Lactuca sativa*). Revista da FZVA 14:1-12.
- Malagarriga Heras R.D. 1977. Nomenclature *Baccharidinarum omnium*. Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas 107: 129-224.
- Malarkodi K. y Srimathi P. 2007. Seed physiological maturity. International Journal of Plant Science 2:222-230.
- Marques P.A.A., Pizani M.A.M., Farías A.J., Ramírez C.J.D. y De Almeida Rochelle A.T.F. 2015. Crescimento da *Baccharis trimera* (Less.) sob irrigação plena em ambiente protegido. Libro de resúmenes de III INOVAGRI International Meeting. Fortaleza, Brasil. Pp 229-237.
- Marzinek J., De-Paula O. C. y Oliveira D. M. 2008. Cypsela or achene? Refining terminology by considering anatomical and historical factors. Revista Brasileira de Botânica. 31:549-553.
- Matthias D., Karin O. y Regula B. 2001. Abandonment alters community composition and canopy structure of Swiss calcareous fens. Applied Vegetation Science 4:237–246.
- McBride J.R. 1964. Invasion of park grasslands by *Baccharis pilularis* DC. MS thesis, University of California. Berkeley, USA. 77 pp.
- McFadyen R.E. 1985. Larval characteristics of *Cactoblastis* spp. (Lepidoptera: Pyralidae) and the selection of species for biological control of prickly pears (*Opuntia* spp.). Bulletin of Entomological Research 75:159-168.
- McNaughton S.J., Oesterheld M., Frank D.A. y Williams K.J. 1991. Primary and secondary production in terrestrial ecosystems. En: Cole J., Lovett G. y Findlay S. Comparative analyses of ecosystems. Patterns, mechanisms, and theories. Springer-Verlag. New York, USA. Pp 120-139.

- Mehta C.J., Kuhad M.S., Sheoran I.S. y Nandwal A.S. 1993. Studies on seed development and germination in chickpea cultivars. *Seed Research* 21:89-91.
- Michel B.E. y Kaufmann M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology* 51:914-916.
- Milne W.E. 1949. Numerical calculus: approximations, interpolation, finite differences, numerical integration and curve fitting. Princeton University Press. Princeton, USA. 393 pp.
- Mirov N.T. y Kraebel, C. J. 1939. Collecting and handling seeds of wild plants. US Government Printing Office.
- Monk C. 1966. Ecological importance of root: shoot ratios. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 93:402-6.
- Monquero P.A. 2014. Aspectos da Biología e Manejo das Plantas Daninhas. Edi SBCPD. Londrina, Brasil. 400 pp.
- Montagu K.D. y Woo K.C. 1999. Recovery of tree photosynthetic capacity from seasonal drought in the wet-dry tropics: The role of phyllode and canopy processes in *Acacia auriculiformis*. *Australian Journal of Plant Physiology* 26:135-145.
- Montemurro P., Fracchiolla M. y Lonigro A. 2007. Effects of Some Environmental Factors on Seed Germination and Spreading Potentials of *Silybum marianum* Gaertner. *Italian Journal of Agronomy* 2:315-320.
- Moreno S.G., Vela H.P. y Alvarez M.O.S. 2008. La fluorescencia de la clorofila a como herramienta en la investigación de efectos tóxicos en el aparato fotosintético de plantas y algas. *Revista de Educación Bioquímica* 27:119-129.
- Muenseher W.C. 1946. Weeds. Maemil- lan Company. New York. 547 Pp.
- Müller I., Schmid B. y Weiner J. 2000. The effect of nutrient availability on biomass allocation patterns in 27 species of herbaceous plants. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*. 3:115-127.
- Müller J. 2006. Systematics of *Baccharis* (Compositae–Astereae) in Bolivia, including an overview of the genus. *Systematic Botany Monographs*. 76: 1–341.
- Müller J. 2013. World checklist of *Baccharis* L. (Compositae–Astereae). Versión 03-09-2013. Disponible en <http://www.spezbot.uni-jena.de/wp-content/uploads/2013/09/World-checklist-of-Baccharis-L..pdf>. [Acceso en Octubre de 2015]
- Nageswara R.R., Talwar H.S. y Wright G.C. 2001. Rapid assessment of specific leaf area and leaf nitrogen in peanut (*Arachis hypogaea* L.) using chlorophyll meter. *Journal Agronomy of Crop Science* 186:175-182.
- Nakamura I. y Hossain M.A. 2009. Factors affecting the seed germination and seedling emergence of redflower ragleaf (*Crassocephalum crepidioides*). *Weed Biology and Management* 9:315-332.
- Nandula V., Eubank T., Poston D., Koger C. y Reddy K. 2006. Factors affecting seed germination of horseweed (*Coniza canadensis*). *Weed Science* 54:898-902.
- Narwal S.S. y Haouala R. 2011. Allelopathic strategies for ecological weed management. *Herbologia* 12:29-56.
- Nassif S. y Perez S. 1997. Germinação de sementes de amendoim-do-campo (*Pterogyne nitens* Tul.): influência dos tratamentos para superar a dormência e profundidade de semeadura. *Revista Brasileira de Sementes* 19:172-179.
- Newman E. y Rovira A. 1975. Allelopathy among some British grassland species. *The Journal of Ecology* 63:727-737.
- Nilsen E.T. y Orcutt D.M. 1996. Physiology of plants under stress, abiotic factors. John Wiley and Sons. Nueva York, USA. 689 pp.

- Norsworthy J.K. y Oliveira M.J. 2006. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) germination and emergence as affected by environmental factors and seeding depth. *Weed Science* 54:903-909.
- O'Brien D. 2014. Fighting a Pernicious Weed with Fire. *Agricultural Research* 62:14.
- Ohno T. 2001. Oxidation of phenolic acid derivatives by soil and its relevance to allelopathic activity. *Journal of Environmental Quality* 30:1631-1635.
- Olasoji O., Owolade O., Badmus R., Olosunde A. y Okoh O. 2012. Variation in germination and seed longevity of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) as affected by different maturity and harvesting stages. *Journal of Stored Products and Postharvest Research* 3:167-171.
- Oliva F., Panizza M.C. y Algrain M. 2010. Diferentes enfoques en la investigación del arte rupestre del Sistema Serrano de Ventania. *Comechingonia* 13: 89–107.
- Olson D.F. 1974. *Baccharis L. baccharis*. En: *Seeds of woody plants in the United States*. Schopmeyer. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, USA. Pp 244-246.
- Palacios S.M., Del Corral S., Carpinella M.C. y Ruiz G. 2010. Screening for natural inhibitors of germination and seedling growth in native plants from Central Argentina. *Industrial Crops and Products* 32:674-677.
- Panetta F.D. 1979. Germination and seed survival in the woody weed, groundsel bush (*Baccharis halimifolia* L.). *Crop and Pasture Science* 30:1067-1077.
- Parsons W.T. y Cuthbertson E.G. 1992. *Noxious weeds of Australia*. Inkata Press. Melbourne, Australia. 496 pp.
- Patterson D.T. 1995. Effects of environmental stress on weed/crop interactions. *Weed Science* 43:483–90.
- Paudel S. y Battaglia L.L. 2013. Germination responses of the invasive *Triadica sebifera* and two co-occurring native woody species to elevated salinity across a Gulf Coast transition ecosystem. *Wetlands* 33:527-535.
- Pausas J.G. y Keeley J.E. 2009. A burning story: the role of fire in the history of life. *Bioscience* 59:593–601.
- Pearsall W.H. 1927. Growth studies VI. On the relative size of growing plant organs. *Annals of Botany* 41:549–556.
- Peláez D.V., Andrioli R.J., Elía O.R. y Blázquez F.R. 2012. Distintas frecuencias de fuego controlados en el sur del Caldenal: efectos sobre la vegetación leñosa. *EdiUNS* 18:13–17.
- Peláez D.V., Andrioli R.J., Elía O.R., Bontti E.E., Tomas M.A. y Blazquez F.R. 2013. Response of grass species to different fire frequencies in semi-arid rangelands of central Argentina. *The Rangeland Journal* 35:385-392.
- Peláez D.V., Bóo R.M. y Elía O.R. 1992. Emergence and seedling survival of calden in the semiarid region of Argentina. *Journal of Range Management* 45:564-568.
- Peláez D.V., Bóo R.M., Elía O.R. y Mayor M.D. 2003. Effect of fire on growth of three perennial grasses from central semi-arid Argentina. *Journal of Arid Environments* 55:657–673.
- Peter G., Funk F.A., Loydi A., Casalini A.I. y Leder C.V. 2012. Variación de la composición y cobertura específicas del pastizal bajo diferentes presiones de pastoreo en el Monte Rionegrino. *Phyton* 81: 233-237.
- Pezzola A., Winschel C. y Sánchez R. 2004. Estudio multitemporal de la degradación del monte nativo en el partido de Patagones–Buenos Aires. *Boletín Técnico INTA* 12:1-11.
- Poorter H. y Nagel O. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology* 27:595-607.

- Porras E.M. 2013. Propuesta Metodológica para Potenciar el Desarrollo Local en Pequeños y Medianos Municipios Urbano-Rurales del Sudoeste Bonaerense. Tesis de Doctorado. Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur. 212 pp.
- Price A.J. y Norsworthy J.K. 2013. Cover crops for weed management in southern reduced-tillage vegetable cropping systems. *Weed Technology* 27:212-217.
- Primack R., Rozzi R., Feinsinger P., Dirzo R. y Massardo F. 1998. Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas. Fondo de cultura económica. México D.F., México. 797 pp.
- Quail P.H., Boylan M.T., Parks B.M., Short T.W., Xu Y. y Wagner D. 1995. Phytochromes: photosensory perception and signal transduction. *Science* 268:675-680.
- Quimby P.C., Bruckart W.L., DeLoach C.J., Knutson L. y Ralphs M.H. 1991. Biological control of rangeland weeds. En: L. F. James, J. O. Evans, M. H. Ralphs, y R. D. Child. *Noxious Range Weeds*. Westview Press. San Francisco, USA. Pp:84–102.
- Radosevich S.R. y Holt J.S. 1984. *Weed Ecology: Implications for Management*. John Wiley and Sons. Nueva York, USA. 265 pp.
- Rashid H., Asaeda T. y Uddin N. 2010. The allelopathic potential of kudzu (*Pueraria montana*). *Weed Science* 58:47-55.
- Rauber R., Steinaker Di., Demaría Ma. y, Arroyo D.A. 2014. Factores asociados a la invasión de pajas en bosques de la región semiárida central argentina. *Ecología Austral* 24: 320–6.
- Rêgo F.C.A., Cecato U., Do Canto M., Martins E., Dos Santos G., Cano C. y Peternelli M. 2002. Características morfológicas e índice de área foliar do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) manejado em diferentes alturas, sob pastejo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31:1931-1937.
- Rice E.L. 1984. *Allelopathy*. Academic Press. Orlando, USA. 422 pp.
- Richards F.J. 1969. The quantitative analysis of growth. En: *Plant Physiology: A Treatise*. Steward F.C. Academic Press. Nueva York y Londres. Pp. 3-76.
- Ridenour W.M. y Callaway R.M. 2001. The relative importance of allelopathy in interference: the effects of invasive weed of native bunchgrass. *Oecologia* 126:444-450.
- Rietkerk, M. y van de Koppel, J. 1997. Alternate stable states and threshold effects in semi-arid grazing systems. *Oikos* 79:69-76.
- Ríos I. 2006. Las malezas y la necesidad de su manejo en los agroecosistemas. *Revista Ventana Agropecuaria* N° 5. http://www.oeidruszacatecas.gob.mx/oeidrus_zac/zacatecas/revista/VA5/INDICE.htm
- Rizzo I., Varsavky E., Haidukowski M. y Frade H. 1997. Macrocyclic trichothecenes in *Baccharis coridifolia* plants and endophytes and *Baccharis artemisioides* plants. *Toxicon* 35:753-757.
- Roberts E.H. 1988. Temperature and seed germination. En: *Plants and temperature*. Long S.P. y Woodward S.I. Society for Experimental Biology. Cambridge, Inglaterra. Pp 109-132.
- Rodrigues B.N., Passini T. y Ferreira A.G. 1999. Research on allelopathy in Brazil. En: *Allelopathy update*. Narwal S.S. New Hampshire, USA. Pp. 307-323.
- Roldán M. y Martínez J. 2000. Floración y su control ambiental. En Azcon-Bieto, J. y Talón M. (eds.) *Fundamentos de fisiología vegetal*. McGraw-Hill Interamericana. Pp: 402-417
- Ron M. y Loewy T. 2000. Modelo de fertilización nitrogenada y fosforada para trigo en el Sudoeste Bonaerense, Argentina. *Ciencia del Suelo* 18:44–9.
- Ron M., Mandolesi M.E., Facchinetti C. y Kiessling R.J. 2012. Efecto antrópico sobre la fertilidad química de un suelo en el sudoeste bonaerense. *Ciencia del suelo* 29:223–31

- Ross M.A. y C.A. Lembi. 2009. Applied Weed Science- including the ecology and management of invasive weed. Ed. Pearson Education. 561 pp.
- Ross M.A. y Lembi C.A. 1999. Applied weed science. Prentice Hall. Upper Saddle River, USA. 452 pp.
- Rudmann-Maurer K., Weyand A., Fischer M. y Stocklin J. 2008. The role of land use and natural determinants for grassland vegetation composition in the Swiss Alps. *Basic and Applied Ecology* 9:494-503.
- Ruiz Sinoga J.D.R., Pariente S., Diaz A.R. y Murillo J.F.M. 2012. Variability of relationships between soil organic carbon and some soil properties in Mediterranean rangelands under different climatic conditions (South of Spain). *Catena* 94:17-25.
- Sabattini R.A., Ledesma S.G. y Sione S.M.J. 2012. Dinámica de la cobertura de *Melica macra* Nees y *Baccharis punctulata* D.C en un bosque nativo sometido a desarbustado mecánico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNR* 12:13-19.
- Sadeghian, S.Y. y Yavari N. 2004. Effect of water-deficit stress on germination and early seedling growth in sugar beet. *Journal of Agronomy and Crop Science* 190:138-144.
- Sage L.C. 1992. Pigment of the imagination, a history of Phytochrome research. Academic press. San Diego, USA. 562 pp.
- Sala O.E., Parton J., Joyce L.A. y Lauenroth W.K. 1988. Primary Production of the Central Grassland Region of the United States. *Ecology* 69:40-45.
- Saldanha S. y Andión J. 2004. Alternativas de control de malezas de campo sucio. Actas XX Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur-Zona Campos: "Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical 28:219-220.
- Sánchez R. M. 2011. Historia de la evolución de las condiciones ambientales de los partidos bonaerenses Villarino y Patagones. En Jornada "Evolución y Futuro del desarrollo de Producciones Agrícola-Ganaderas en el SO Bonaerense" (24 de noviembre de 2011, Bahía Blanca, Argentina).
- Scherger M., Rosell M.P., Campo A.M. 2012. Impacto ambiental en áreas marginales del río Colorado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Perspectiva Geográfica* 17:9–28.
- Scursoni J. A. 2009. Malezas: Conceptos, identificación y manejo en sistemas cultivados. Editorial Facultad de Agronomía de la UBA. Buenos Aires, Argentina. 108 pp.
- Seefeldt S., Jensen J. y Fuerst E. 1995. Feature Log-Logistic analysis of herbicide dose-response relationships. *Weed Technology* 9:218–27.
- Seki M., Narusaka M., Ishida J., Nanjo T., Fujita M., Oono Y., Kamiya A., Nakajima M., Enju A. y Sakurai T. 2002. Monitoring the expression profiles of 7000 *Arabidopsis* genes under drought, cold and high-salinity stresses using a full-length cDNA microarray. *The Plant Journal* 31:279-292.
- Sellers B.A. y Ferrell J.A. 2015. Weed management in pastures and rangeland. SS-AGR-08. Department of Agronomy e IFAS. Florida State University. Gainesville, Florida, USA. 14 pp.
- Serio L. y Vich H. 2010. Algunas características e impactos de las sequías. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA* 4453:187–95.
- Shaner D.L. y Beckie H.J. 2014. The future for weed control and technology. *Pest Management Science* 70:1329-1339.
- Shaw D.R., Mack R.E. y Smith C.A. 1991. Redvine (*Brunnichia ovata*) germination and emergence. *Weed Science* 39:33–36.
- Sheley R., Sheley J. y Smith B. 2014. Cost/Benefit analysis of managing invasive annual grasses in partially invaded sagebrush steppe ecosystems. *Weed Science* 62:38-44.
- Shirley H.L. 1929. The influence of light intensity and light quality upon the growth of plants. *American Journal of Botany* 16:354–390.

- Shulga O.A., Mitiouchkina T.Y., Shchennikova A.V., Skryabin K.G. y Dolgov S.V. 2011. Overexpression of AP1-like genes from Asteraceae induces early-flowering in transgenic *Chrysanthemum* plants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 47:553-560.
- Silva F.G., Pinto J.E.B.P., Cardoso M.G., Sales J.F., Mol D.J.S. y Divino S.P. 2007. Influence of manure and fertilizer on *Baccharis trimera* (Less.) DC growth and essential oil yield. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants* 12:1-11.
- Smith A.E. y Martin L.D. 1995. Weed management systems for pastures and hay crops. En: Smith A.E. *Handbook of Weed Management Systems*. Dekker M. Inc. New York, USA. Pp 477-517.
- Snedecor G.W. y Cochran W.G. 1956. *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*. The Iowa State College Press. Ames, USA. 534 pp.
- Sousa L., Venzke T., Martins S. y Freitas G. 2014. Características Fenológicas de *Baccharis trimera* (Less.) DC (1836) –Asteraceae– no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais* 16:112-116.
- Stebbins G.L. 1967. Adaptive radiation and trends of evolution in higher plants. En: Dobzhansky T, Hecht MK y Steere WC. *Evolutionary biology*. Appleton Century Crofts. New York, USA. Pp 101 –142.
- Stratton D.A. 1989. Competition prolongs expression of maternal effects in seedlings of *Erigeron annuus* (Asteraceae). *American Journal of Botany* 76:1646–1653.
- Sultan S.E. 1996. Phenotypic plasticity for offspring traits in *Polygonum persicaria*. *Ecology* 77:1791–1807.
- Suttie J.M. Reynolds S.G y Batello C. 2005. *Plant production and protection series N° 34, Grasslands of the world*. FAO. Roma, Italia. 495 pp.
- Taiz L. y Zeiger E. 2010. *Plant physiology*. Sinauer Associates. Sunderland, USA. 782 pp.
- Tanveer A., Tahir M., Nadeem M.A., Younis M., Aziz A. y Yaseen M. 2008. Allelopathic effects of *Xanthium strumarium* L. on seed germination and seedling growth of crops. *Allelopathy Journal* 21:317-328.
- Thompson K. 1987. Seeds and seed banks. *New Phytologist* 106:23-34.
- Tilman D. y Downing J.A. 1994. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature* 367:363-365.
- Tipping P.W. 2008. Mowing-induced changes in soil seed banks and populations of plumeless thistle (*Carduus acanthoides*) and musk thistle (*Carduus nutans*). *Weed Technology* 22:49-55.
- Toole V.K. 1973. Effects of light, temperature, and their interactions on the germination of seeds. *Seed Science Technology* 1:339-396.
- Troiani, H.O. 1985. Las especies de *Baccharis* (compositae) de la provincia de la Pampa. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa* 1: 35-80.
- Tucat G., Daddario J.F., Bentivegna D.J. y Fernández O.A. 2013a. Factores que afectan la germinación de *Baccharis ulicina* (Hook. & Arn.). XXI Congreso de ALAM y XXXIV Congreso de ASOMECEMA. Cancún, Mexico: 64.
- Tucat G., Daddario J.F., Bentivegna D.J., Fernández O.A., Cardillo D. y Ambrosino M. 2013b. Producción de semillas y comportamiento de la germinación de *Baccharis ulicina*. Libro de resúmenes de XXXIV Jornadas Argentinas de Botánica. La Plata, Argentina: 49.
- Turk M.A., Rahman A., Tawaha M. y Lee K. 2004. Seed germination and seedling growth of three lentin cultivars under moisture stress. *Asian Journal of Plant Science* 3:394-397.
- Turner B.L., Bacon J., Urbatsch L. y Simpson B. 1979. Chromosome Numbers in South American Compositae. *American Journal of Botany* 66: 173-178.

- U.S. Department of the Interior (Lower Colorado River Multi-Species Conservation Program). 2011. Review of salinity and sodicity, monitoring, and remediation for riparian restoration areas. Boulder City, USA. 59 pp. Disponible en:
- Valencia-Diaz S. y Montana C. 2005. Temporal variability in the maternal environment and its effect on seed size and seed quality in *Flourensia cernua* DC (Asteraceae). *Journal of arid environments* 63:686-695.
- Van Auken O. y Bush J. 1990. Influence of light levels, soil nutrients, and competition on seedling growth of *Baccharis neglecta* (Asteraceae). *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 117:438-444.
- Van der Pijl L. 1969. Principles of Dispersal in Higher Plants. Springer-Verlag. Berlin-NewYork. 154 pp.
- Vaughton G. y Ramsey M. 1998. Sources and consequences of seed mass variation in *Banksia marginata* (Proteaceae). *Journal of Ecology* 86:563–573.
- Vencill W.K. 2002. Herbicide handbook. Octava edición. Weed Science Society of America. Lawrence, KS. 493 Pp.
- Vuillemin J. 1982. Ecophysiologie comparee du developpement initial de *Quercus pubescens* Willd. et de *Quercus ilex* L. II. Germination et ecologia mediterranea 8:147-151.
- Wakjira M., Berecha G. y Bulti B. 2011. Phytotoxic effects of multi-purpose tree species on germination and growth of *Parthenium hysterophorus* L. *International Journal of Agricultural Research* 6:149-162.
- Wehtje G. y Gilliam C.H. 2015. Poison Ivy (*Toxicodendron radican*) Control with Dicamba and 2,4-D applied alone and in tank mixture. *Weed Technology* 29:115–20.
- Wehtje G., Wells L.W., Choate J.H., Martin N.R. y Curtis J.M. 1999. Mowing as a weed control supplement to herbicides and cultivation in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Weed Technology* 13:139-143.
- Weiner J. 1988. The influence of competition on plant reproduction. *Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies*. Lovett Doust J. y Lovett Doust L.). University Press, Nueva York, USA. pp. 228–245.
- Weiner J. 2004. Allocation, plasticity and allometry in plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6:207-215.
- Weiner J., Griepentrog H.W. y Kristensen L. 2001. Suppression of weeds by spring wheat *Triticum aestivum* increases with crop density and spatial uniformity. *Journal of Applied Ecology* 38:784-790.
- Westman W., Panetta F. y Stanely T. 1975. Ecological studies on reproduction and establishment of the woody weed, groundsel bush (*Baccharis halimifolia* L.: Asteraceae). *Crop and Pasture Science* 26:855-870.
- Whelan J. 1995. The ecology of fire. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra. 129 pp.
- Wiegand T. y Milton S.J. 1996. Vegetation change in semiarid communities. *Vegetatio* 125:169-183.
- Wiersum L.K. 1957. The Relationship of the size and structural rigidity of pores and their penetration by roots. *Plant and Soil* 9:75-85.
- Williams K. y Hobbs R.J. 1989. Control of shrub establishment by springtime soil water availability in an annual grassland. *Oecologia* 81:62-66.
- Williams K., Hobbs R.J., Hamburg S.P. 1987. Invasion of an annual grassland in Northern California by *Bacecharis pilularis* ssp. consanguinea. *Oecologia* 72:461-465.

- Wilson D., Jamieson P., Jermyn W. y Hanson R. 1985. Models of growth and water use of field peas (*Pisum sativum* L.). En: The Pea crop. Hebblethwaite P.D., Heath M.C. y Dawkins T.C.K. Londres, Inglaterra. 139 pp.
- Wintermans J.F. y De Mots A. 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta* 2:448–453.
- Wright G.C., Nageswara R.C. y Farquhar G.D. 1994. Water use efficiency and carbon isotop discrimination in peanut under water deficit conditions. *Crop Science* 34:92-97.
- Wulff R.D., Causin H.F., Benitez O. y Bacalini P.A. 1999. Intraespecific variability and maternal effects in the response to nutrient addition in *Chenopodium album*. *Canadian Journal of Botany* 77:1150–1158.
- Xavier M.V.A., Brito S.S.S., Oliveira C.R.F., Matos C.H.C. y Pinto M.A.D.S.C. 2012. Óleo essencial de *Baccharis trimera* (Less.) DC. sobre o potencial fisiológico de sementes de feijão caupi. *Revista brasileira de plantas medicinais* 14:214-217.
- Yamashita O.M., Guimarães S.C., Figueiredo e Albuquerque M.C., De Carvalho M.A.C. y Da Silva J.L. 2009. Efeitos de fatores ambientais induzidos na germinação de sementes de *Chaptalia nutans* (L.) Polack. *Revista Brasileira de Sementes* 3:132-139.
- Young D.R., Erickson D.L. y Semones S.W. 1994. Salinity and the small-scale distribution of three barrier island shrubs. *Canadian Journal of Botany* 72:1365-1372.
- Zdero C., Bohlmann F., King R.M. y Robinson H. 1986. Diterpene glycosides and other constituents from argentinian *Baccharis* species. *Phytochemistry* 25: 2841-2855.
- Zeng R.S., Mallik A.U. y Luo S.M. 2008. Allelopathy in sustainable agriculture and forestry. Springer. Verlag, Alemania. 412 pp.
- Zhou J., Deckard E.L. y Ahrens W.H. 2005. Factors affecting germination of hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) seeds. *Weed Science* 53:41-45.
- Zhou X., Roberts R.K., Larson J.A., Lambert D.M., English B.C., Mishra A.K., Falconer L.L., Hogan R.J., Johnson J.L. y Reeves J.M. 2015. Differences in Glyphosate-Resistant Weed Management Practices over Time and Regions. *Weed Technology*. En prensa.
- Zhu H. M., Salyani R.D. y Fox R.D. 2011. A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Computer and Electronics in Agriculture* 76:38-43.
- Zimdahl R.L. 2013. Fundamentals of weed science. Fourth Edition. Academic Press. USA. 664 pp.
- Zomlefer W. 1994. Guide to Flowering Plant Families. University of North Carolina Press, Chapel Hill. 282 pp.
- Zuloaga F., Morrone O. y Belgrano M. (eds.). 2014. Flora del Conosur. Catálogo de las plantas vasculares. <http://www.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/Familias.asp>. [Acceso: octubre 2015].

Apéndice 1- Principales características de los suelos correspondientes a los sitios experimentales.

1.1

| Variable | Bahía Blanca |
|---|---|
| Textura | Arenoso- franco (64,0% arenoso; 15,0% limo; 21,0% arcilla) |
| Secuencia de horizontes | Ap- A2- AC- 2Ckm |
| M.O. (%) | 4,8 |
| pH (1: 2,5) | 7,4 |
| CIC (cmol kg ⁻¹) | 16 |
| Pe (mg kg ⁻¹) | 19 |
| Bases: | |
| Ca ⁺⁺ (cmol kg ⁻¹) | 12,8 |
| Na ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 0 |
| K ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 5,2 |
| Suma de bases (cmol kg ⁻¹) | 18 |

1.2

| Variable | Carmen de Patagones |
|---|---|
| Textura | Franco-arcillo-arenoso (78,9% arena; 10,5% limo; 10,6% arcilla). |
| Secuencia de horizontes | Ap-C1-C2-C3 |
| M.O. (%) | 2,2 |
| pH (1: 2,5) | 8,3 |
| CIC (cmol kg ⁻¹) | 12 |
| Pe (mg kg ⁻¹) | 10 |
| Bases: | |
| Ca ⁺⁺ (cmol kg ⁻¹) | 4,9 |
| Na ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 4,3 |
| K ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 1,3 |
| Suma de bases (cmol kg ⁻¹) | 11 |

1.3

| Variable | Cerri |
|---|---|
| Textura | Franco (16,2% arcilla; 41,3% limo; 32,4% arena). |
| Secuencia de horizontes | Ap- Ad- AC-2Ck. |
| M.O. (%) | 4,7 |
| pH (1: 2,5) | 8 |
| CIC (cmol kg ⁻¹) | 24 |
| Pe (mg kg ⁻¹) | 11 |
| Bases: | |
| Ca ⁺⁺ (cmol kg ⁻¹) | 14,5 |
| Na ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 0,8 |
| K ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 1,6 |
| Suma de bases (cmol kg ⁻¹) | 17 |

1.4

| Variable | Naposta |
|---|---|
| Textura | Franco (21,2% arcilla; 31,55% limo; 47,3% arena) |
| Secuencia de horizontes | Ap- A2- AC- 2C- 2Ck1- 3Ck2. |
| M.O. (%) | 3,8 |
| pH (1: 2,5) | 7,3 |
| CIC (cmol kg ⁻¹) | 21 |
| Pe (mg kg ⁻¹) | 16 |
| Bases: | |
| Ca ⁺⁺ (cmol kg ⁻¹) | 13,4 |
| Na ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 0,9 |
| K ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 3,6 |
| Suma de bases (cmol kg ⁻¹) | 17,9 |

1.5

| Variable | Hilario Ascasubi |
|---|---|
| Textura | Franco-arenoso (69,0% arena; 17,5% limo; 13,5% arcilla). |
| Secuencia de horizontes | A- 2A- 2AC- 2C1-2C2. |
| M.O. (%) | 0,87 |
| pH (1: 2,5) | 7,5 |
| CIC (cmol kg ⁻¹) | 16 |
| Pe (mg kg ⁻¹) | 10,5 |
| Bases: | |
| Ca ⁺⁺ (cmol kg ⁻¹) | 0 |
| Na ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 1,6 |
| K ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 2,1 |
| Suma de bases (cmol kg ⁻¹) | 3,7 |

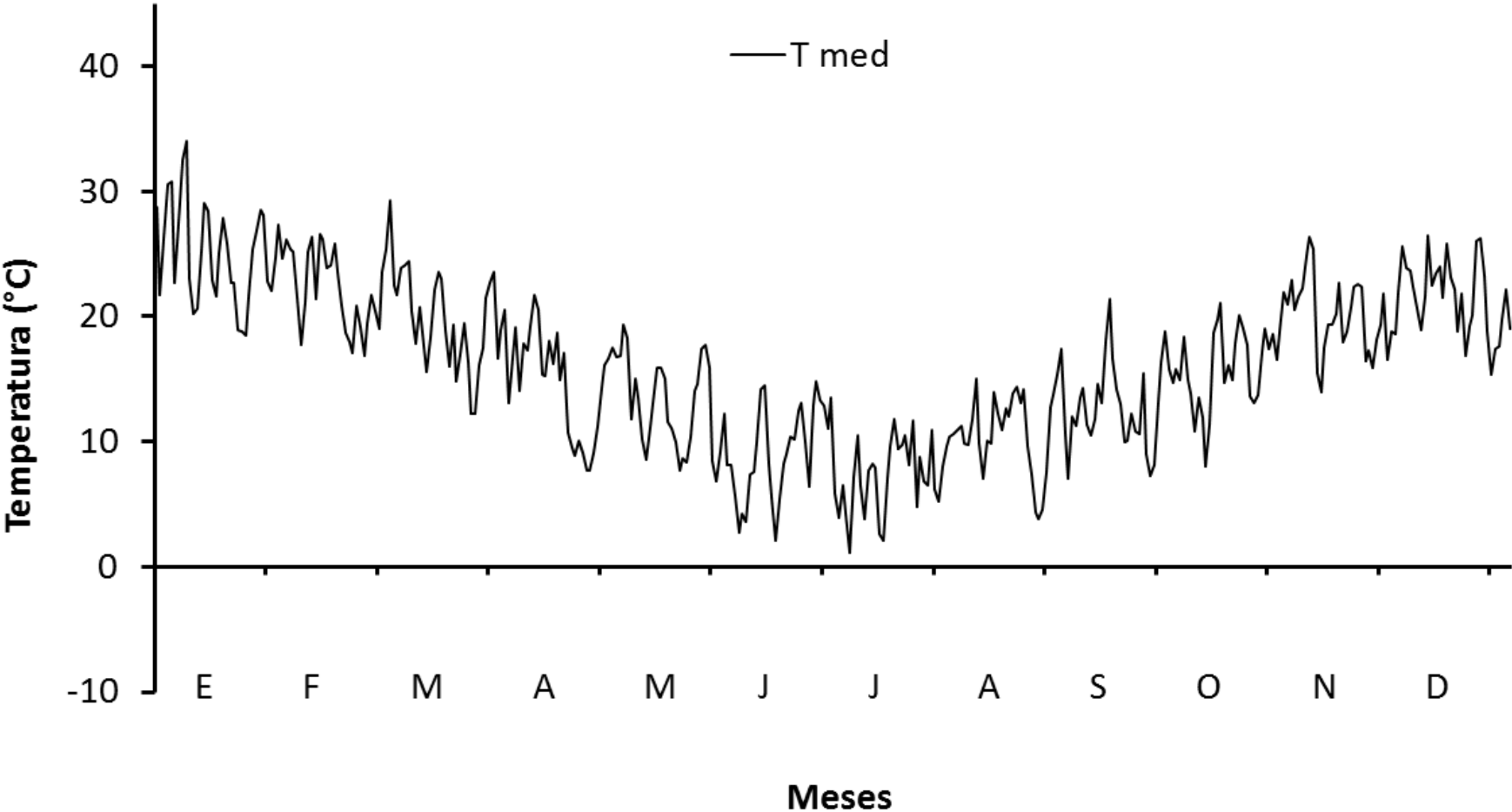
1.6

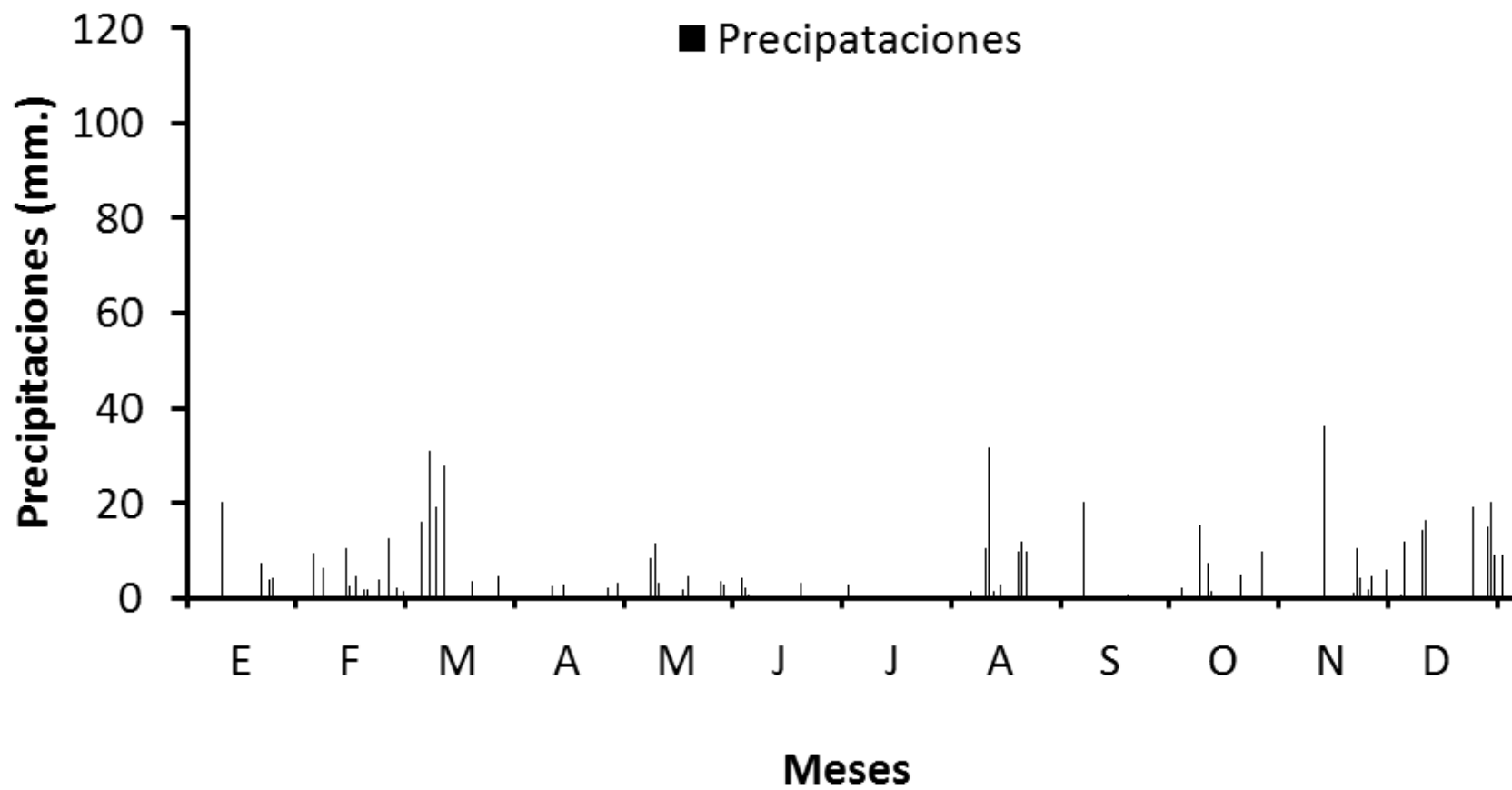
| Variable | Villa Ventana |
|---|---|
| Textura | Franco (39,1% arena; 32,1% limo; 28,8% arcilla). |
| Secuencia de horizontes | A- AB- Bt1- Bt2- BC- 2CK. |
| M.O. (%) | 4,88 |
| pH (1: 2,5) | 6,1 |
| CIC (cmol kg ⁻¹) | 19,5 |
| Pe (mg kg ⁻¹) | 10,2 |
| Bases: | |
| Ca ⁺⁺ (cmol kg ⁻¹) | 11,0 |
| Na ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 0,1 |
| K ⁺ (cmol kg ⁻¹) | 1,4 |
| Suma de bases (cmol kg ⁻¹) | 12,5 |

Apéndice 2 - Datos meteorológicos de los sitios experimentales para los períodos involucrados en los diferentes estudios

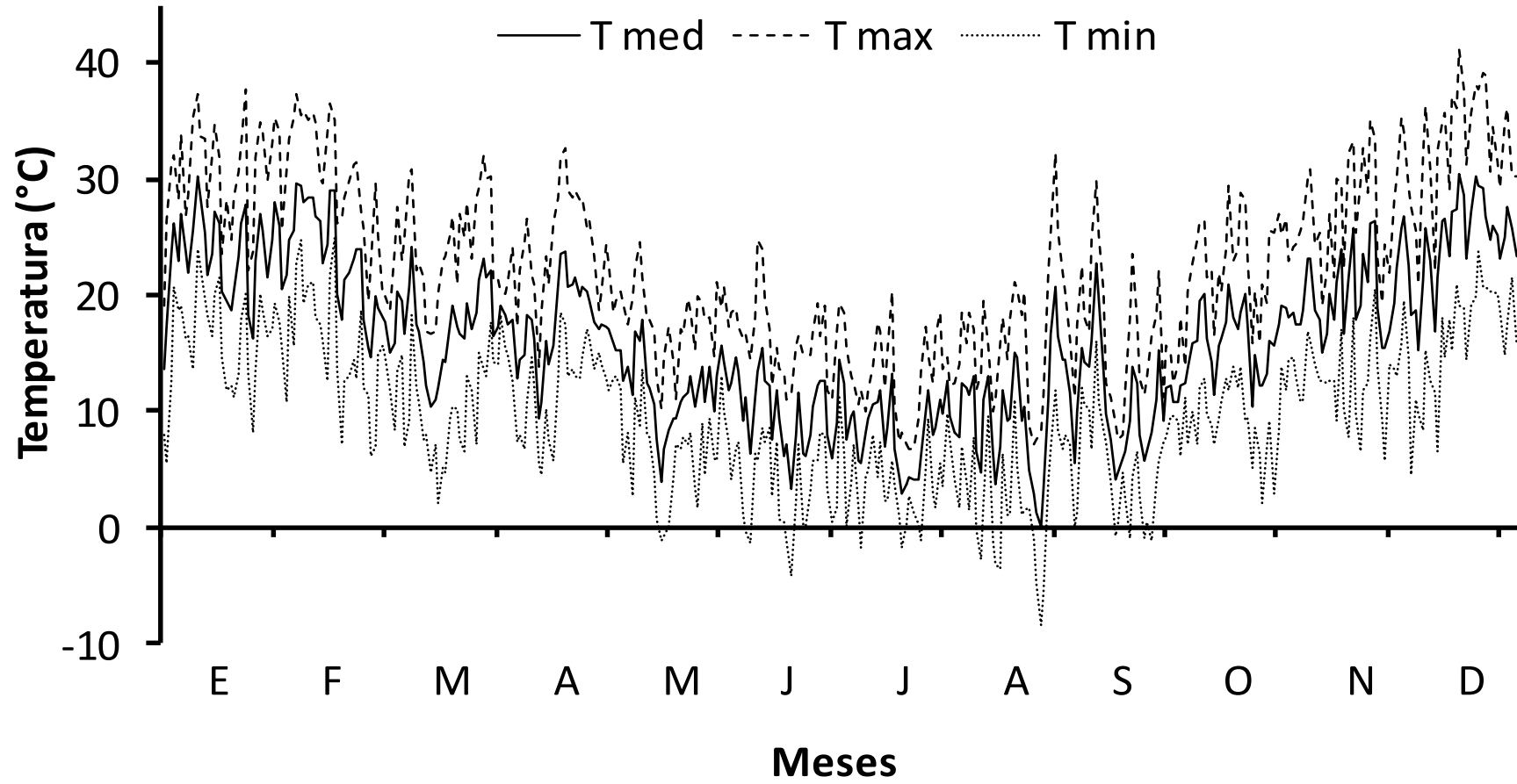
| | | |
|--------------|---------------------|-------------|
| 2.1.1 | Bahía Blanca | 2012 |
| 2.1.2 | Bahía Blanca | 2013 |
| 2.1.3 | Bahía Blanca | 2014 |
| 2.1.4 | Bahía Blanca | 2015 |
| | | |
| 2.2.1 | Patagones | 2012 |
| 2.2.2 | Patagones | 2013 |
| 2.2.3 | Patagones | 2014 |
| 2.2.4 | Patagones | 2015 |
| | | |
| 2.3.1 | Gral. Cerri | 2013 |
| 2.3.2 | Gral. Cerri | 2014 |
| | | |
| 2.4.1 | Napostá | 2014 |

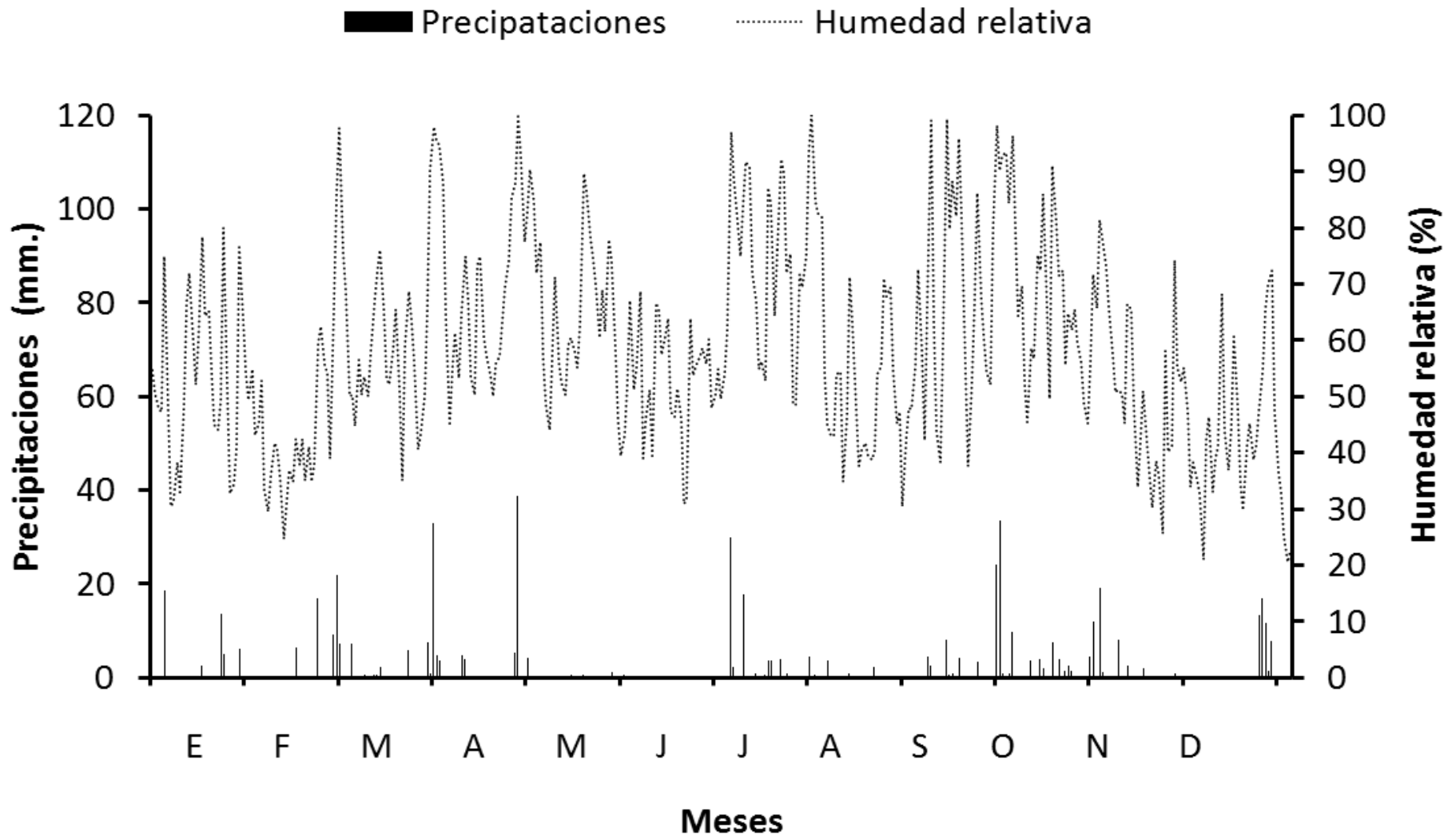
2.1.1. Bahía Blanca (2012)



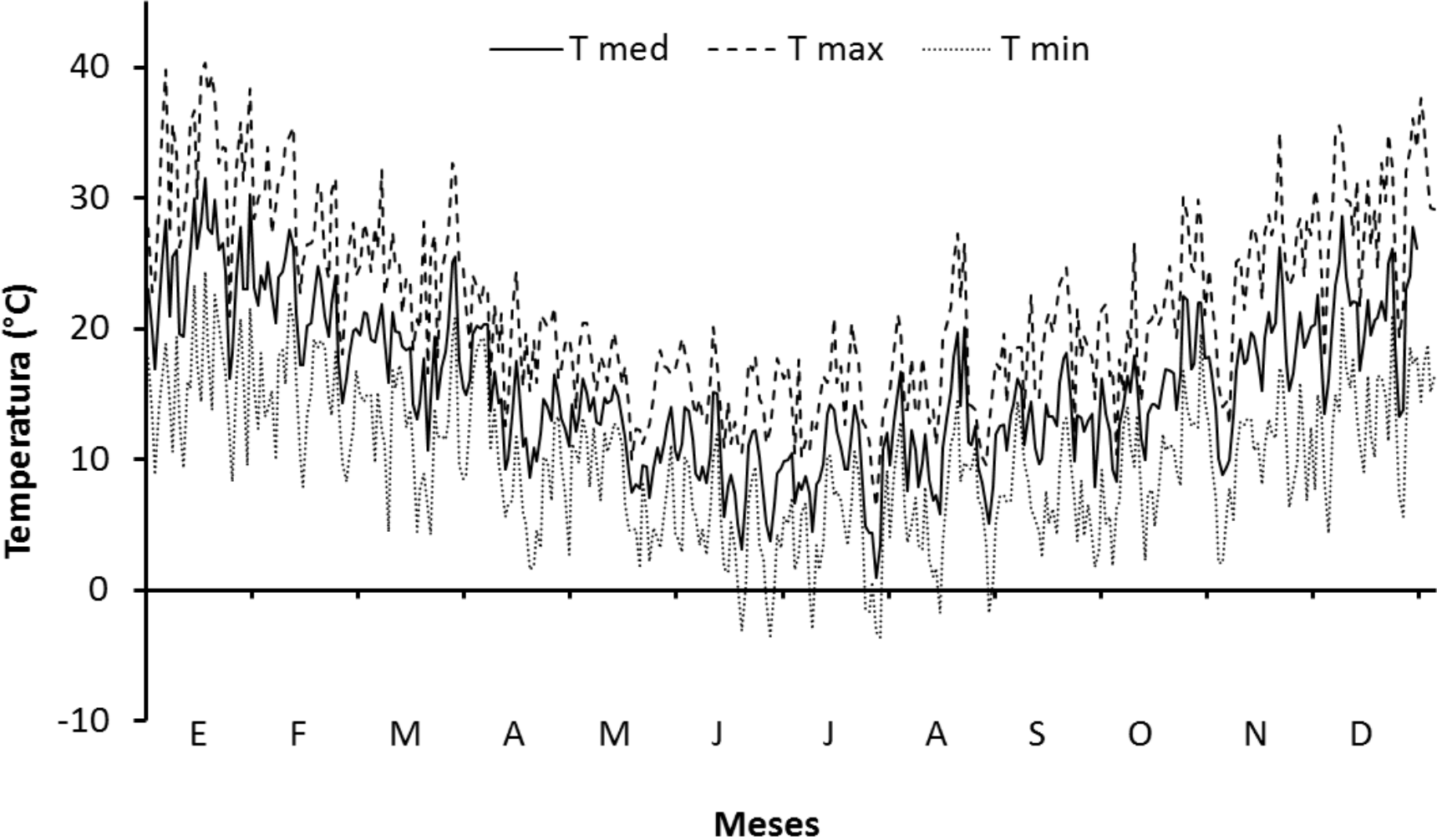


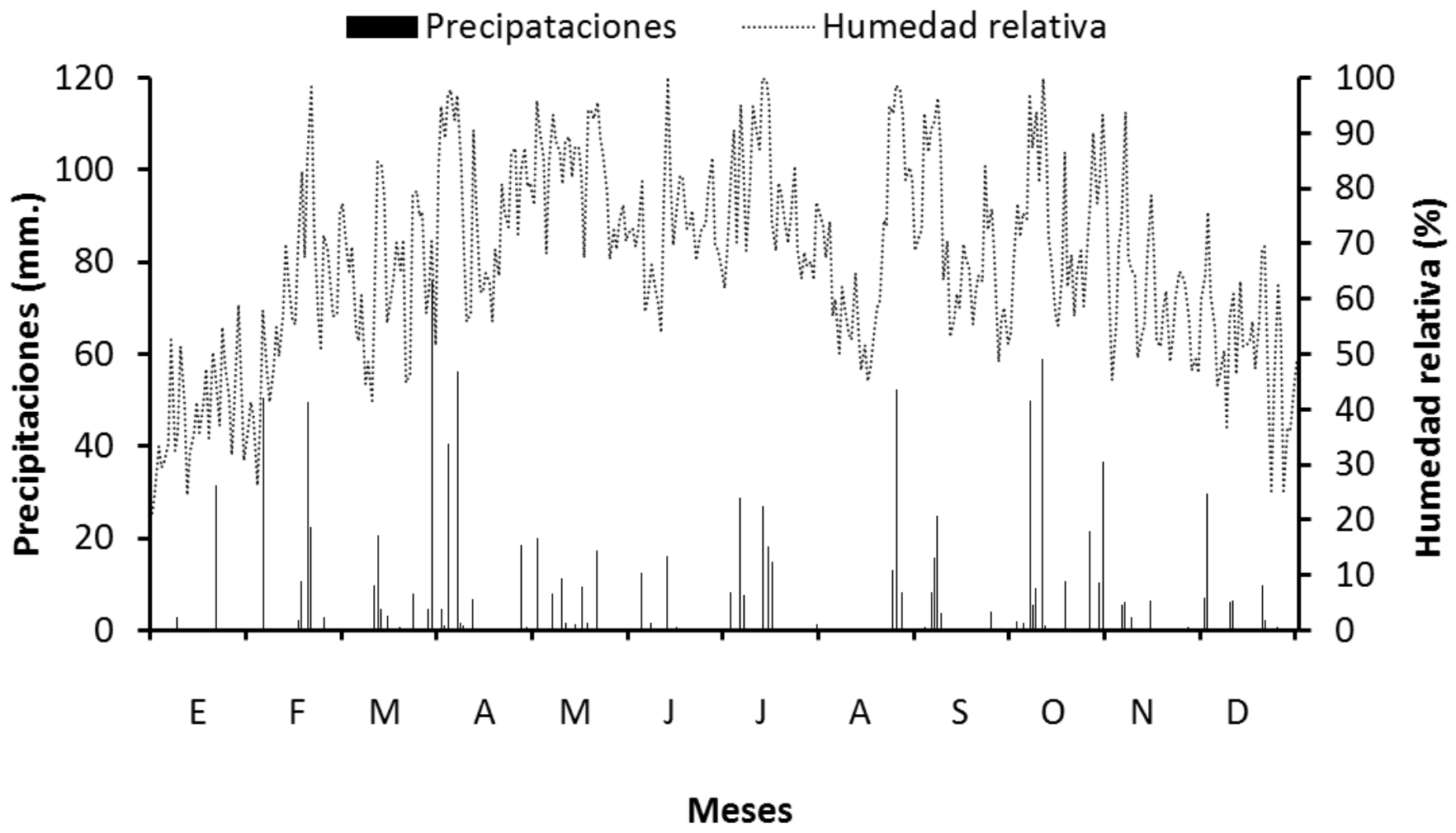
2.1.2. Bahía Blanca (2013)



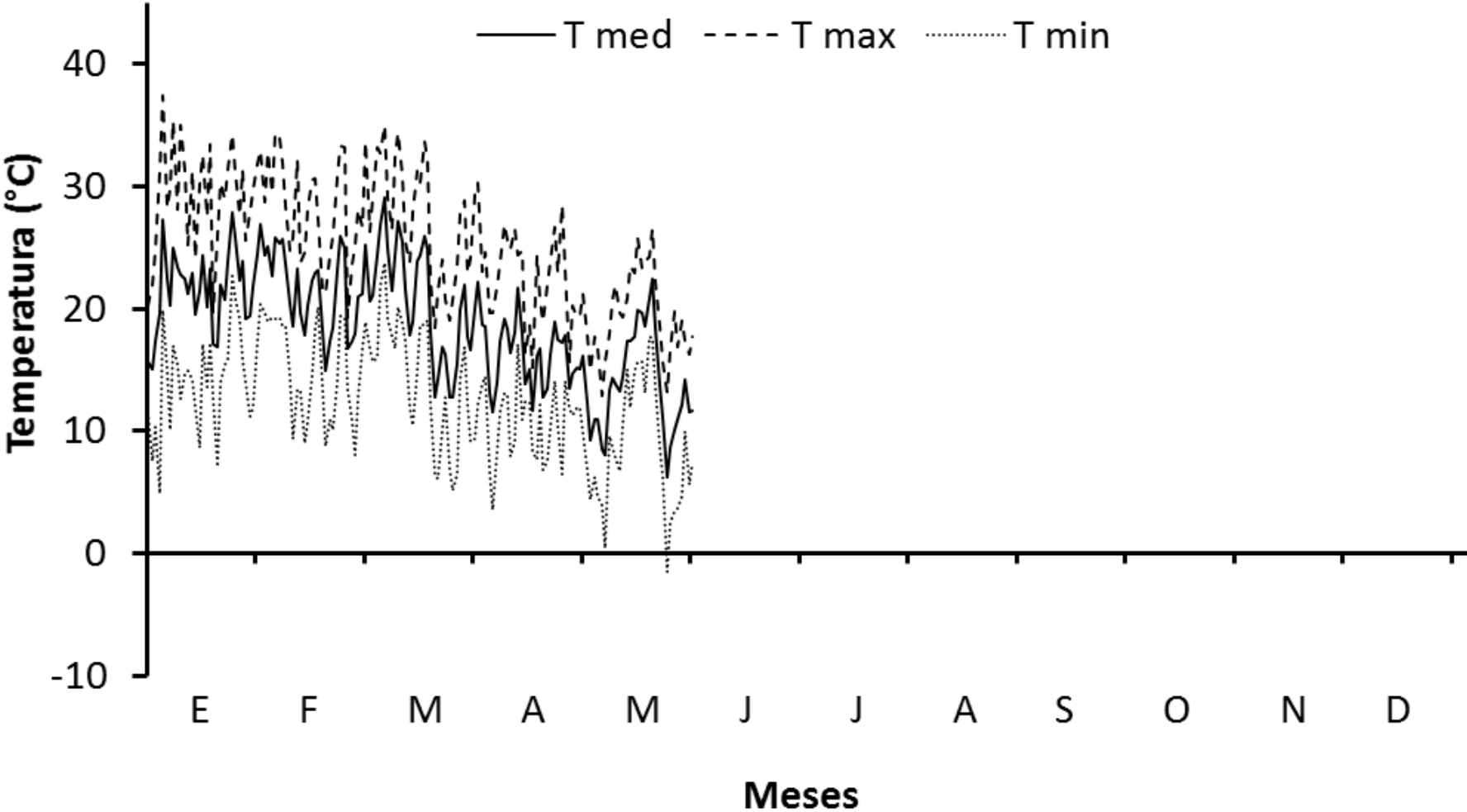


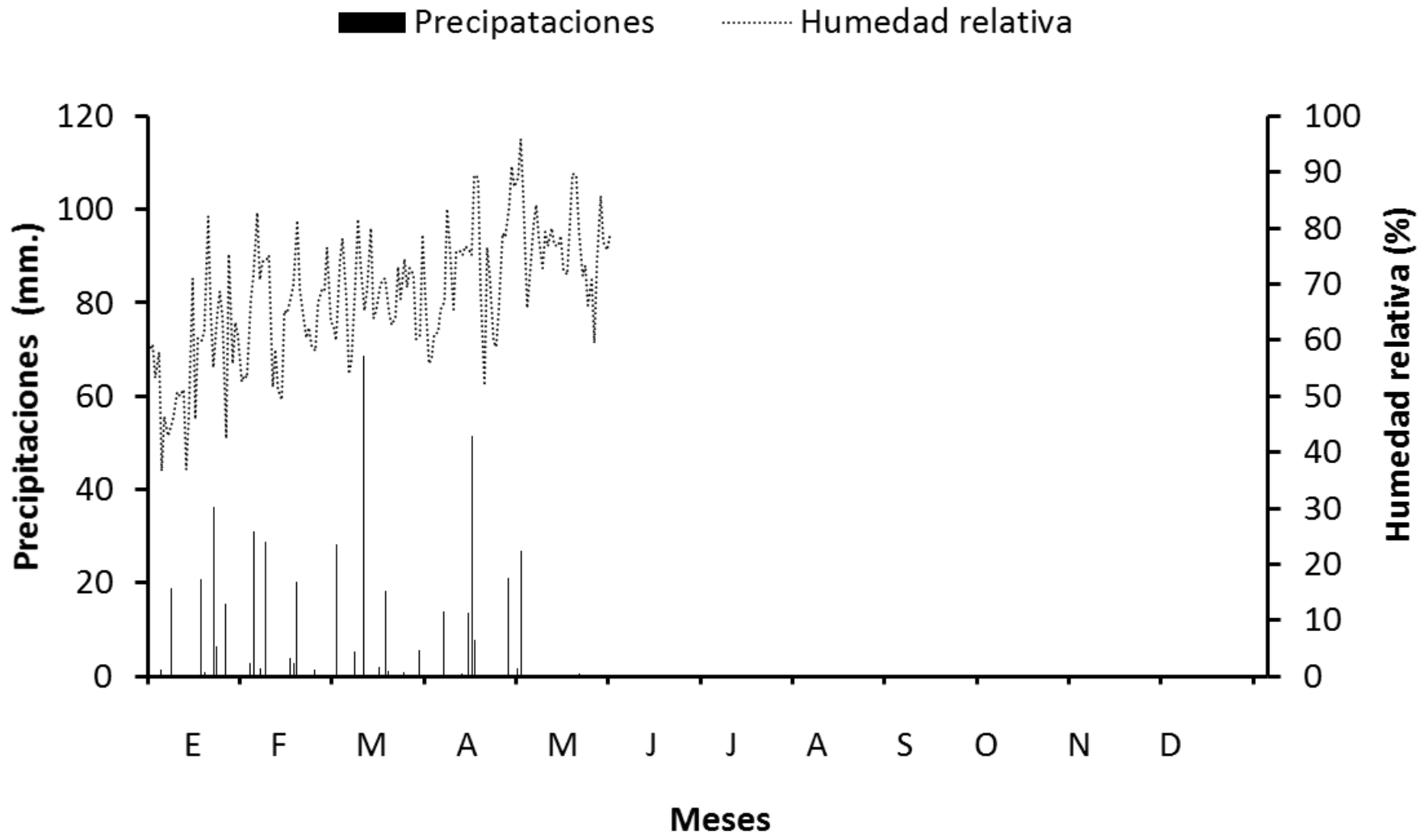
2.1.3. Bahía Blanca (2014)



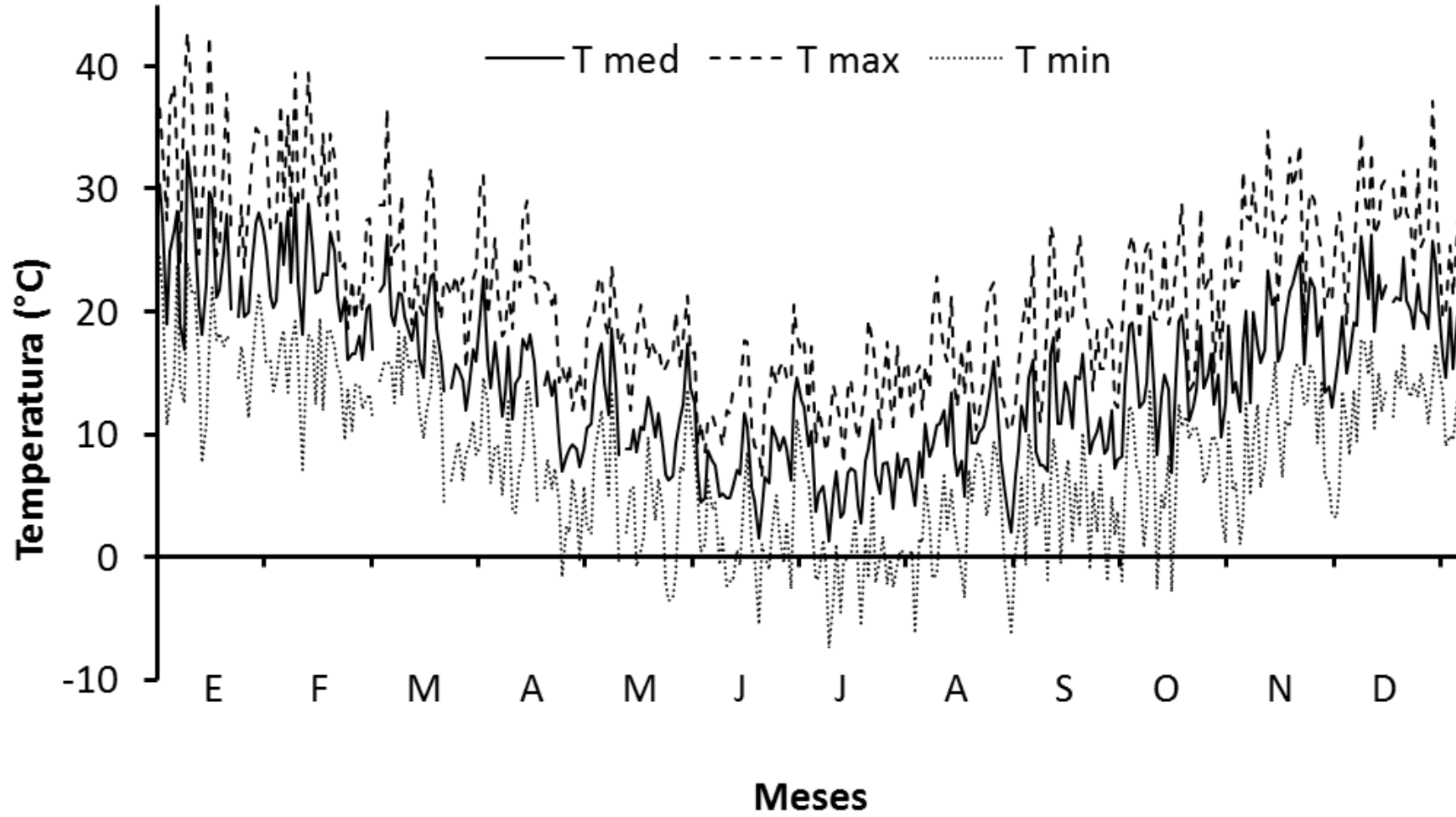


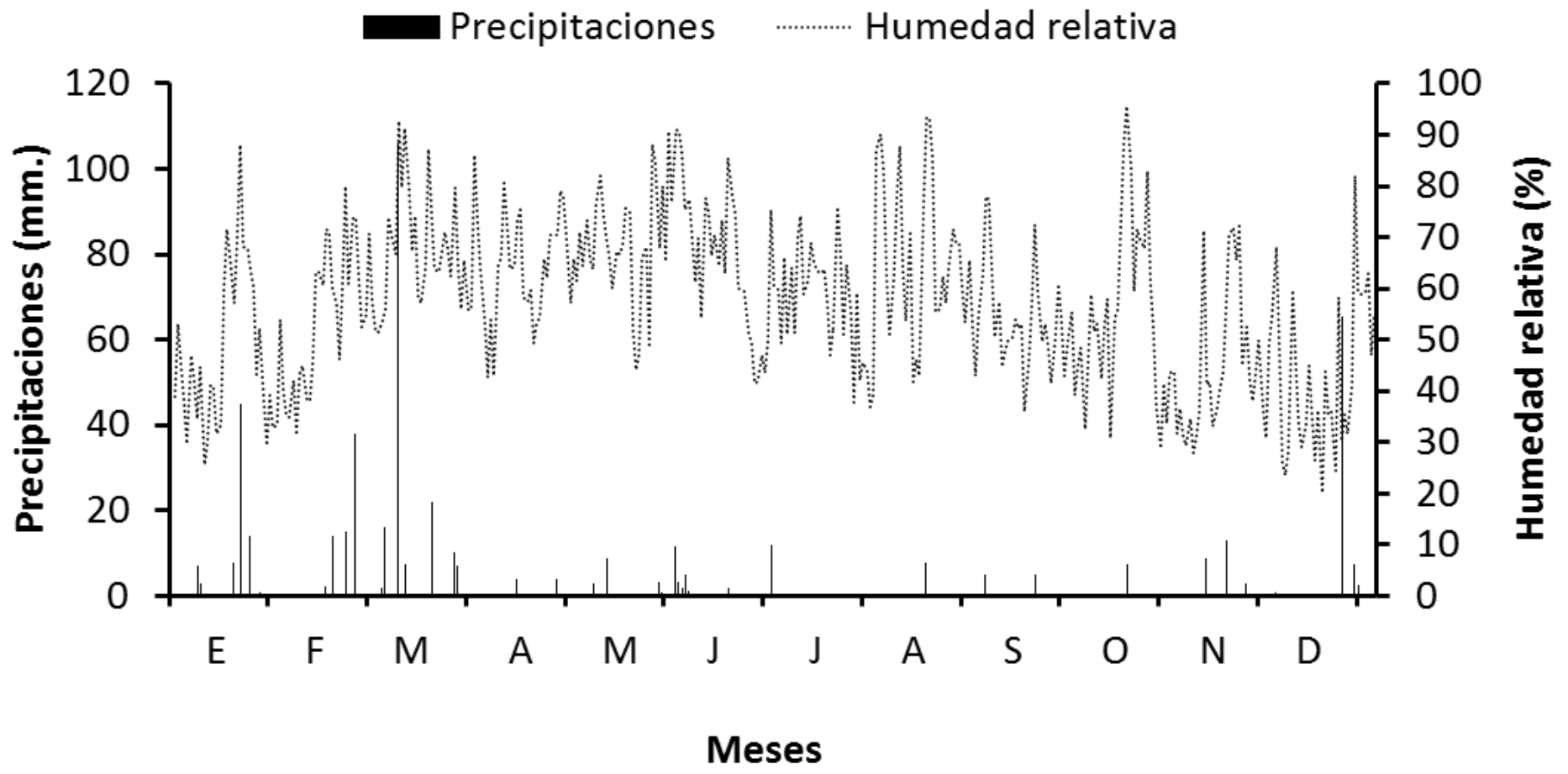
2.1.4. Bahía Blanca (2015)



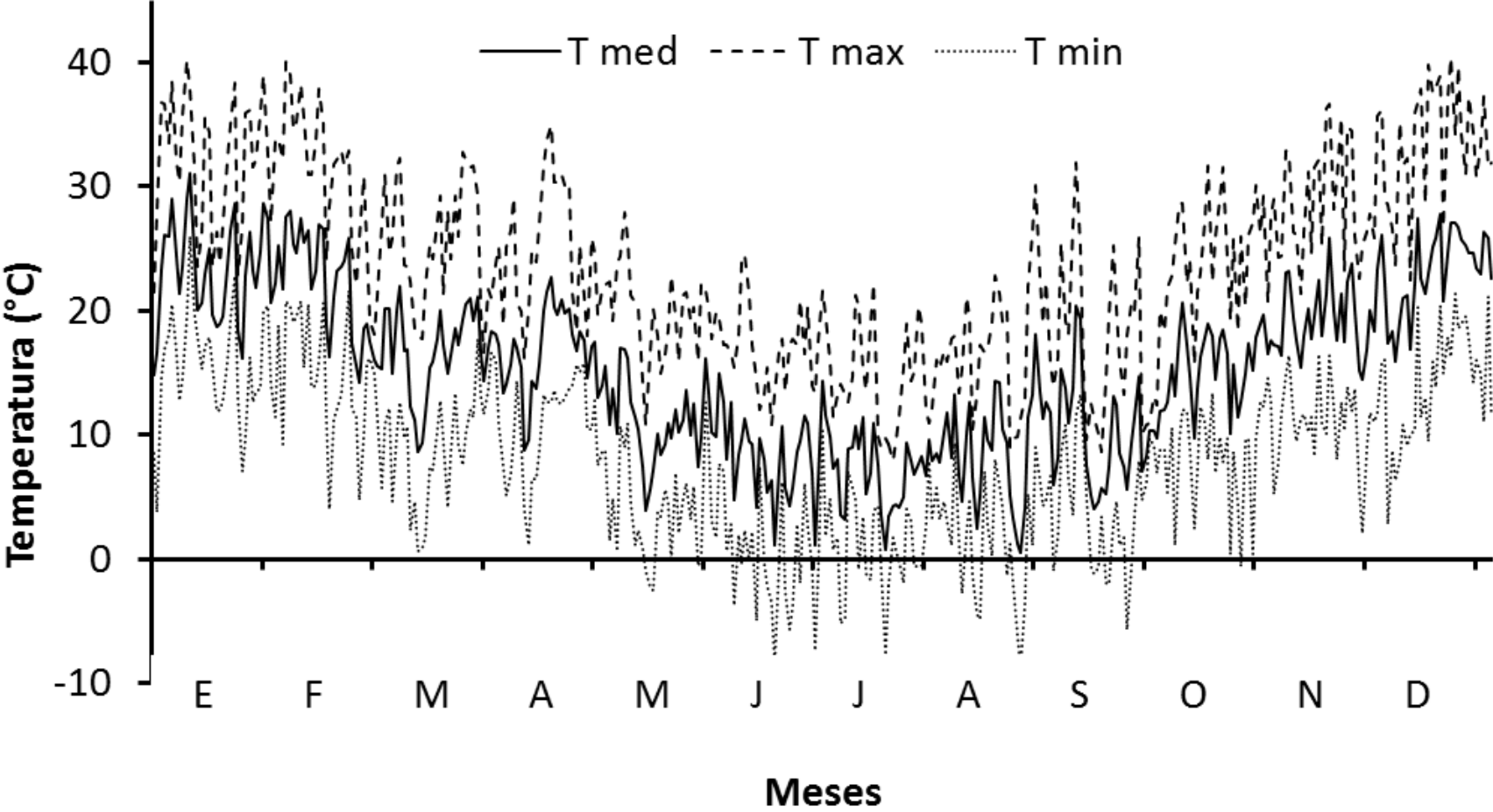


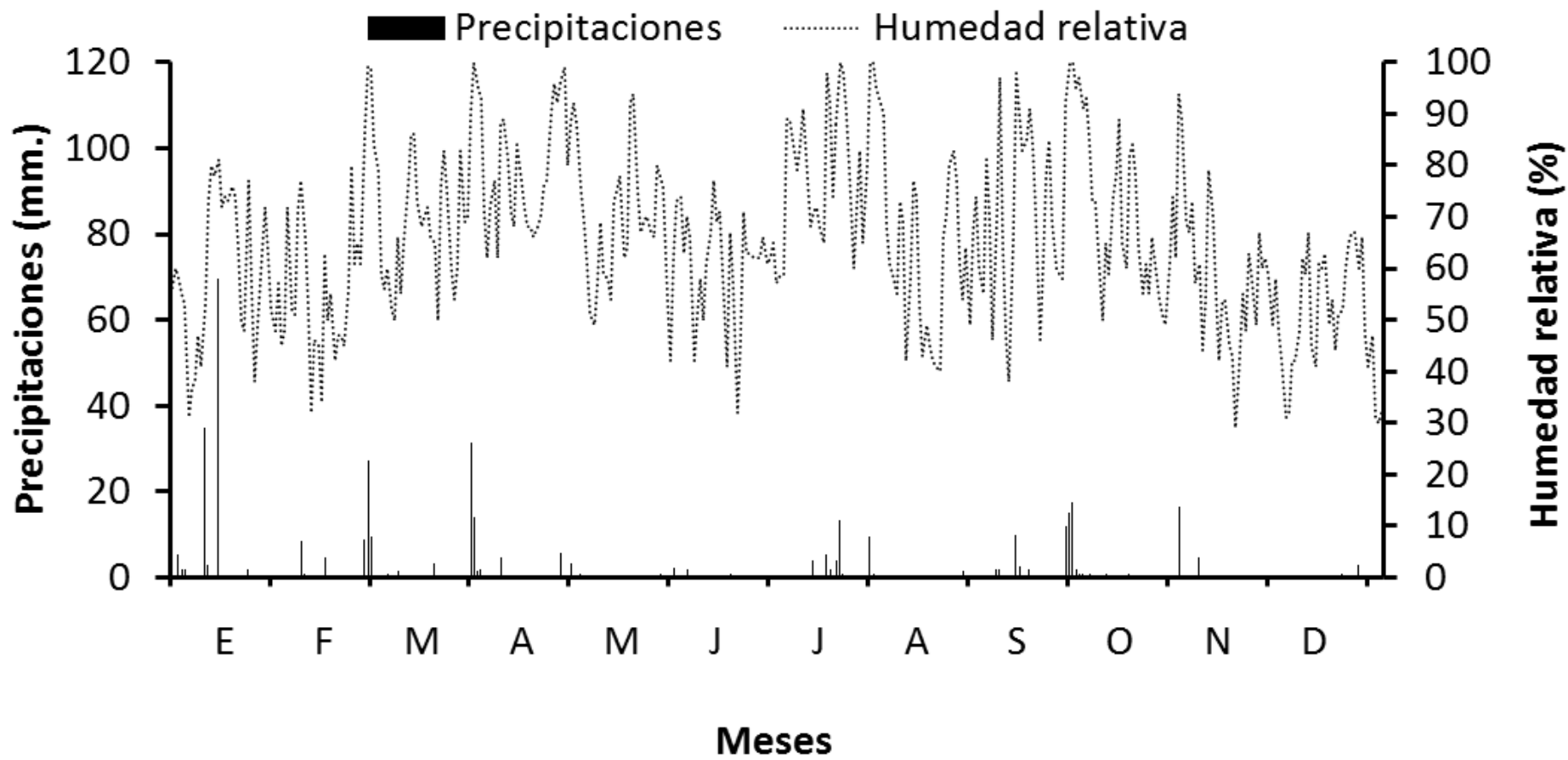
2.2.1 Patagones (2012)



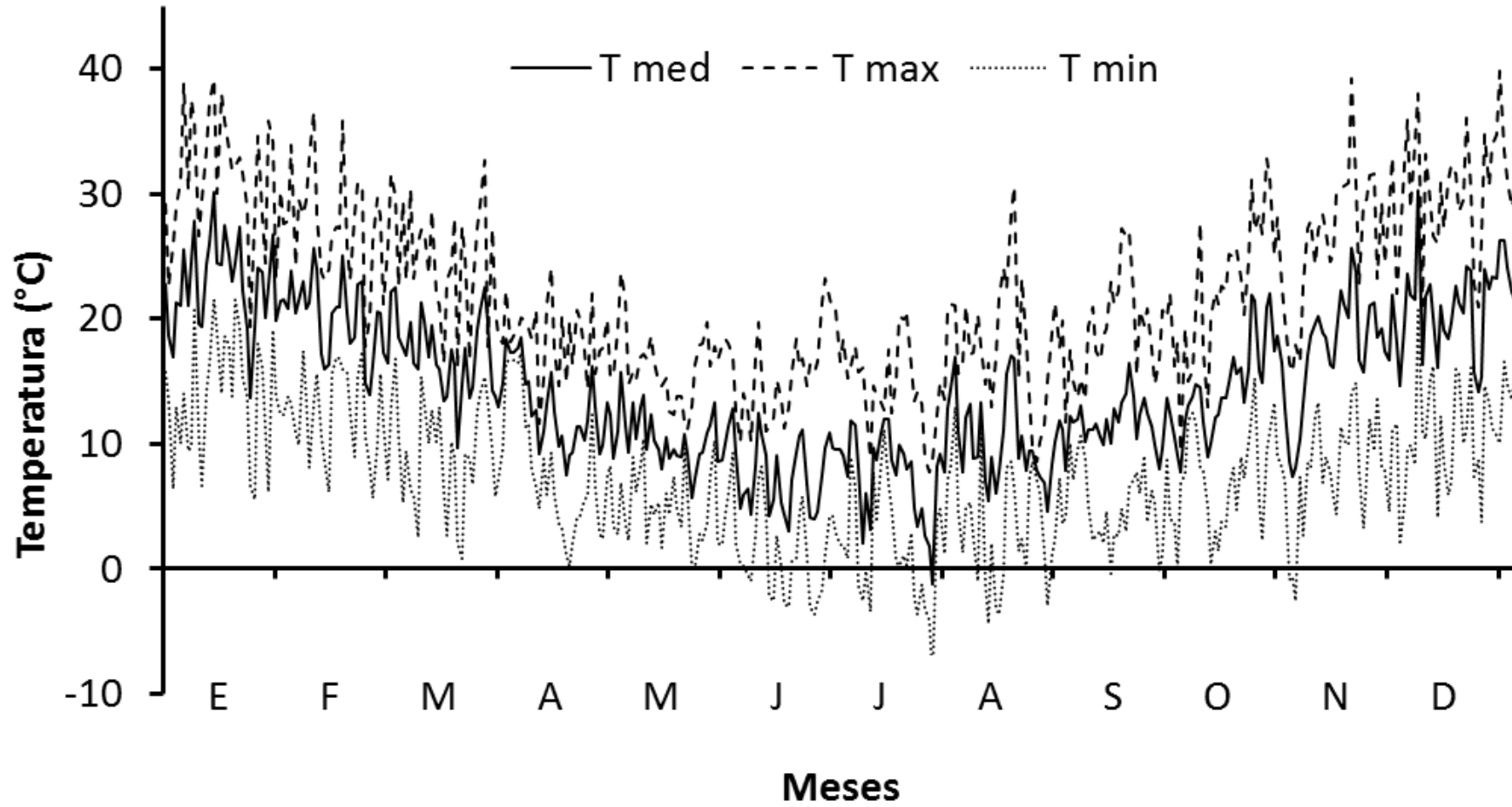


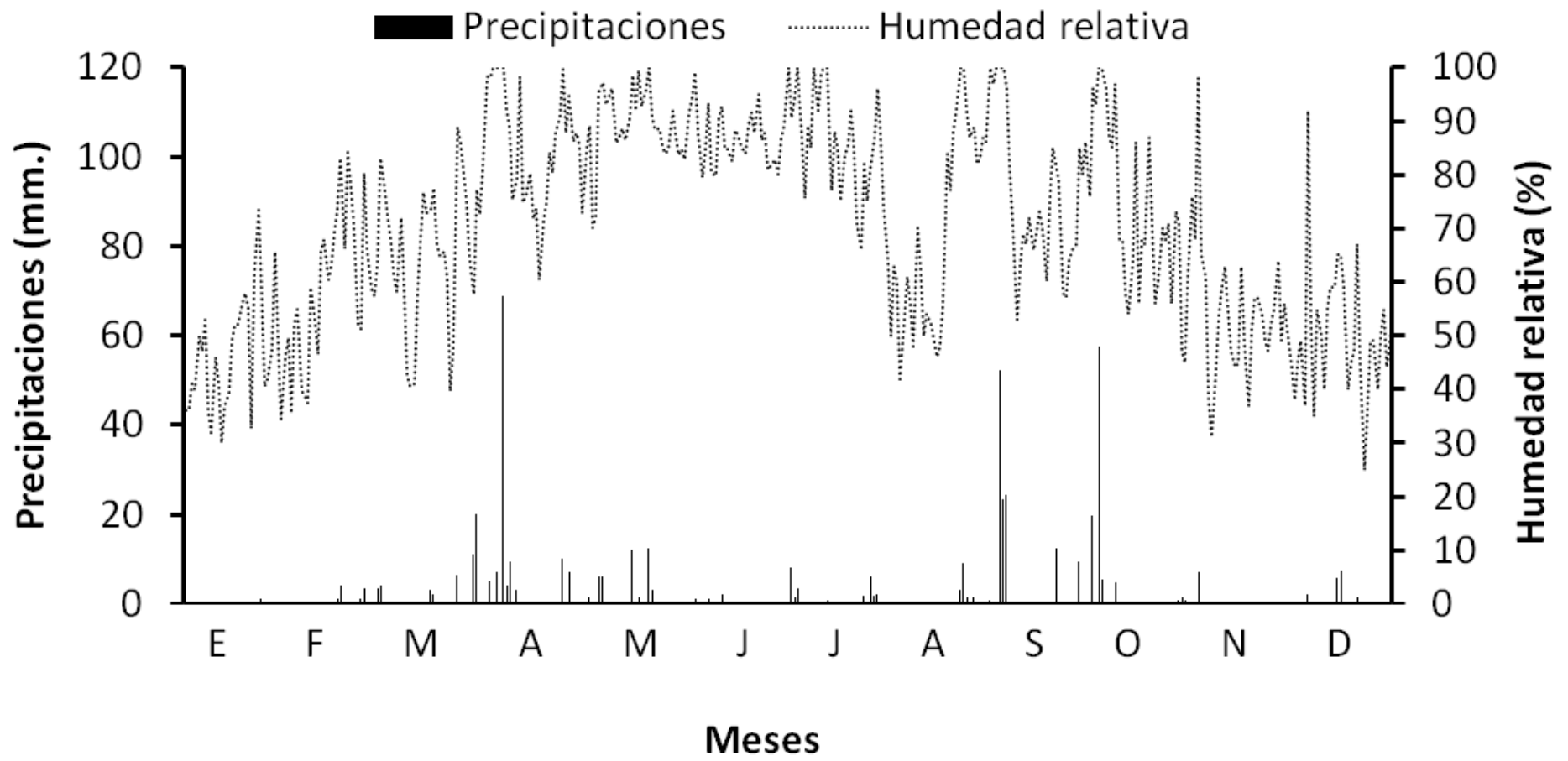
2.2.2. Patagones (2013)



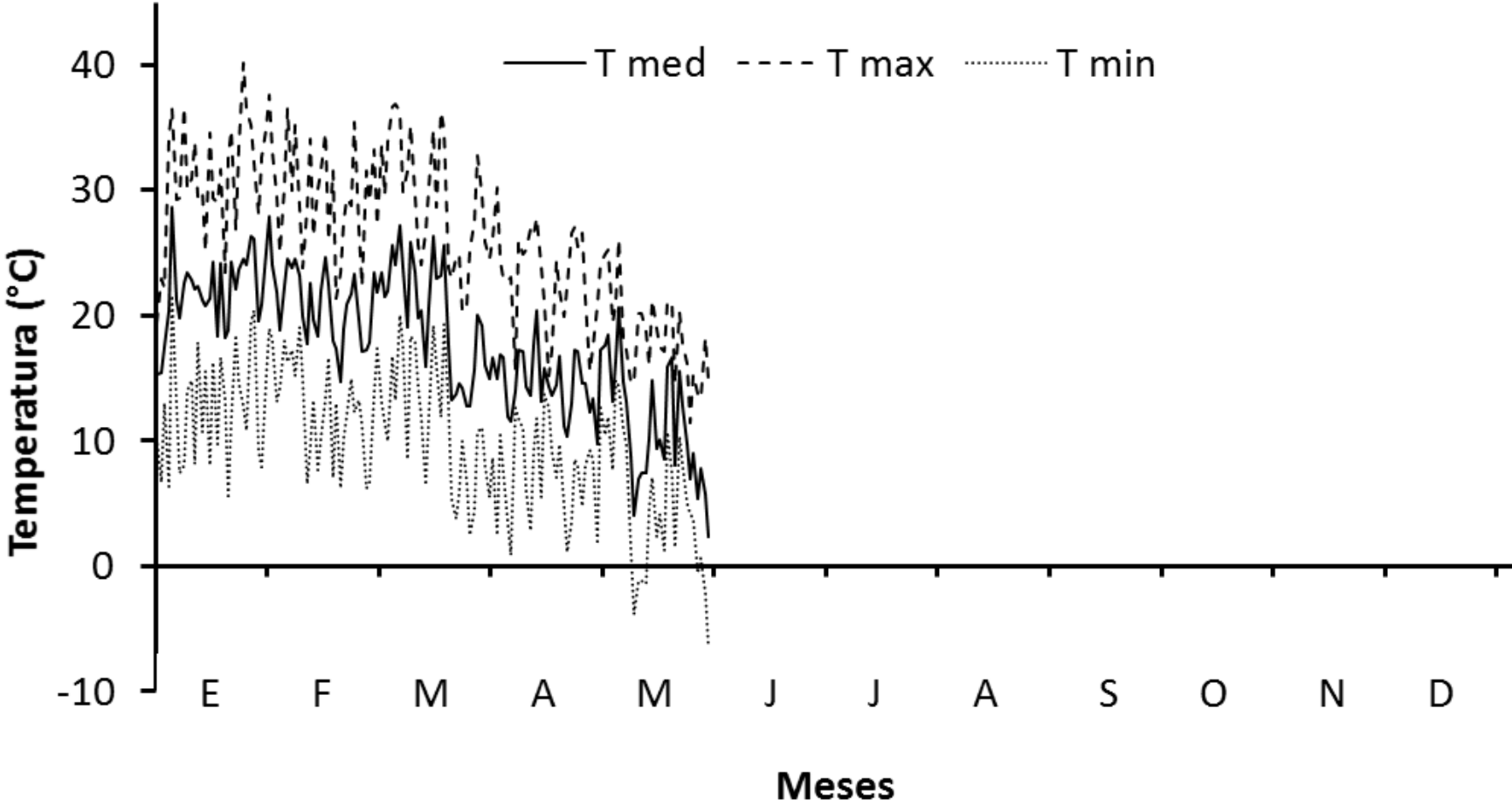


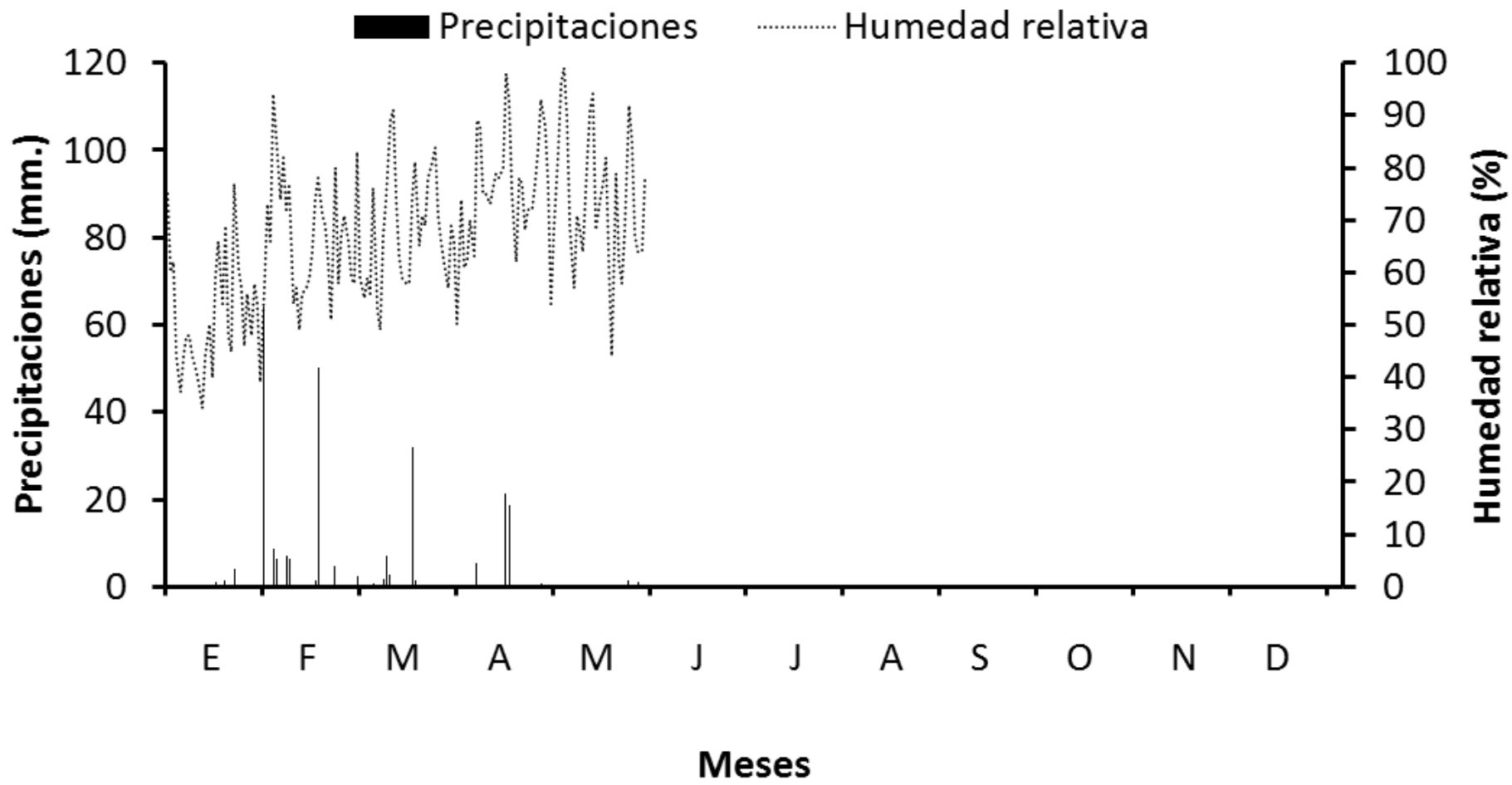
2.2.3. Patagones (2014)



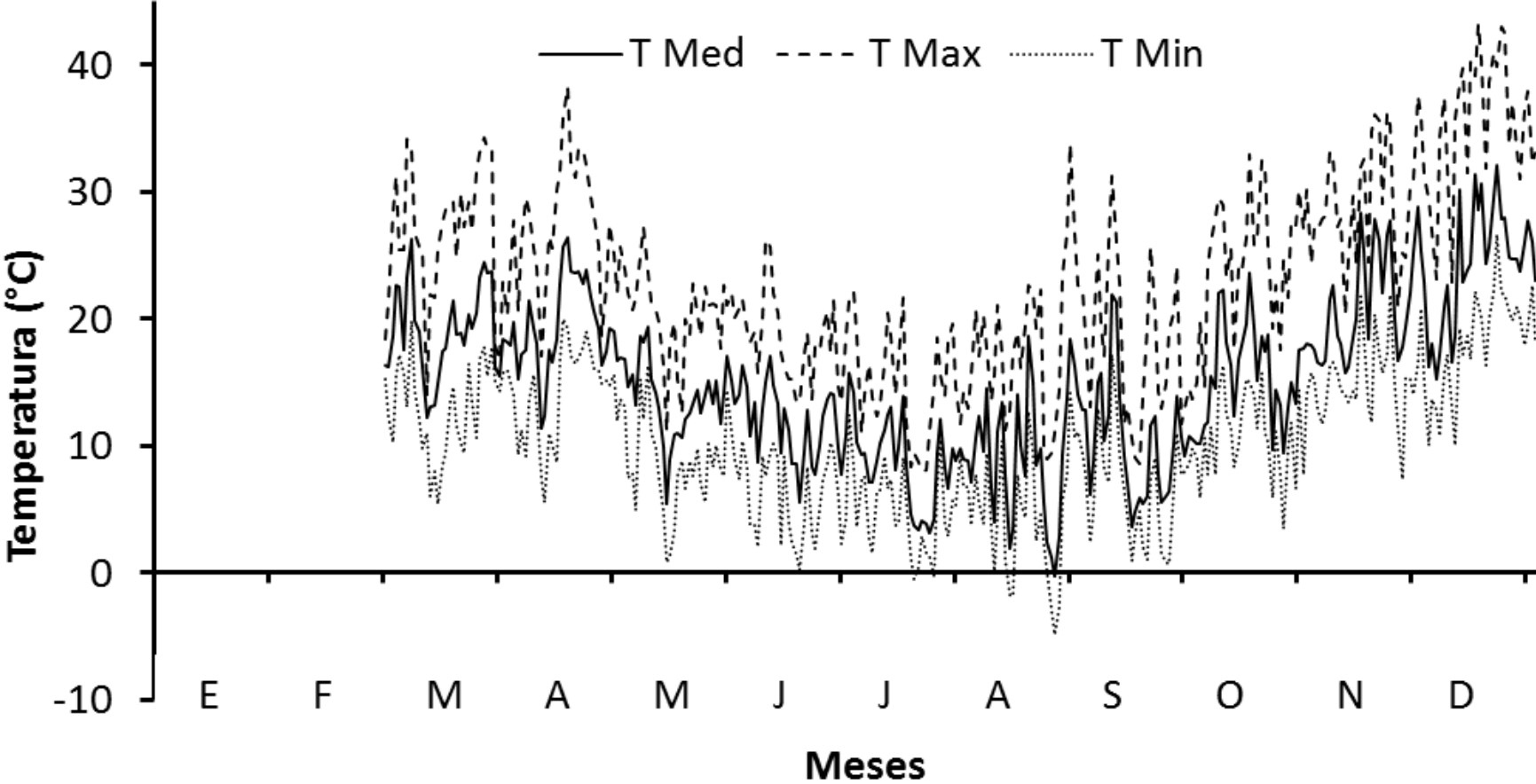


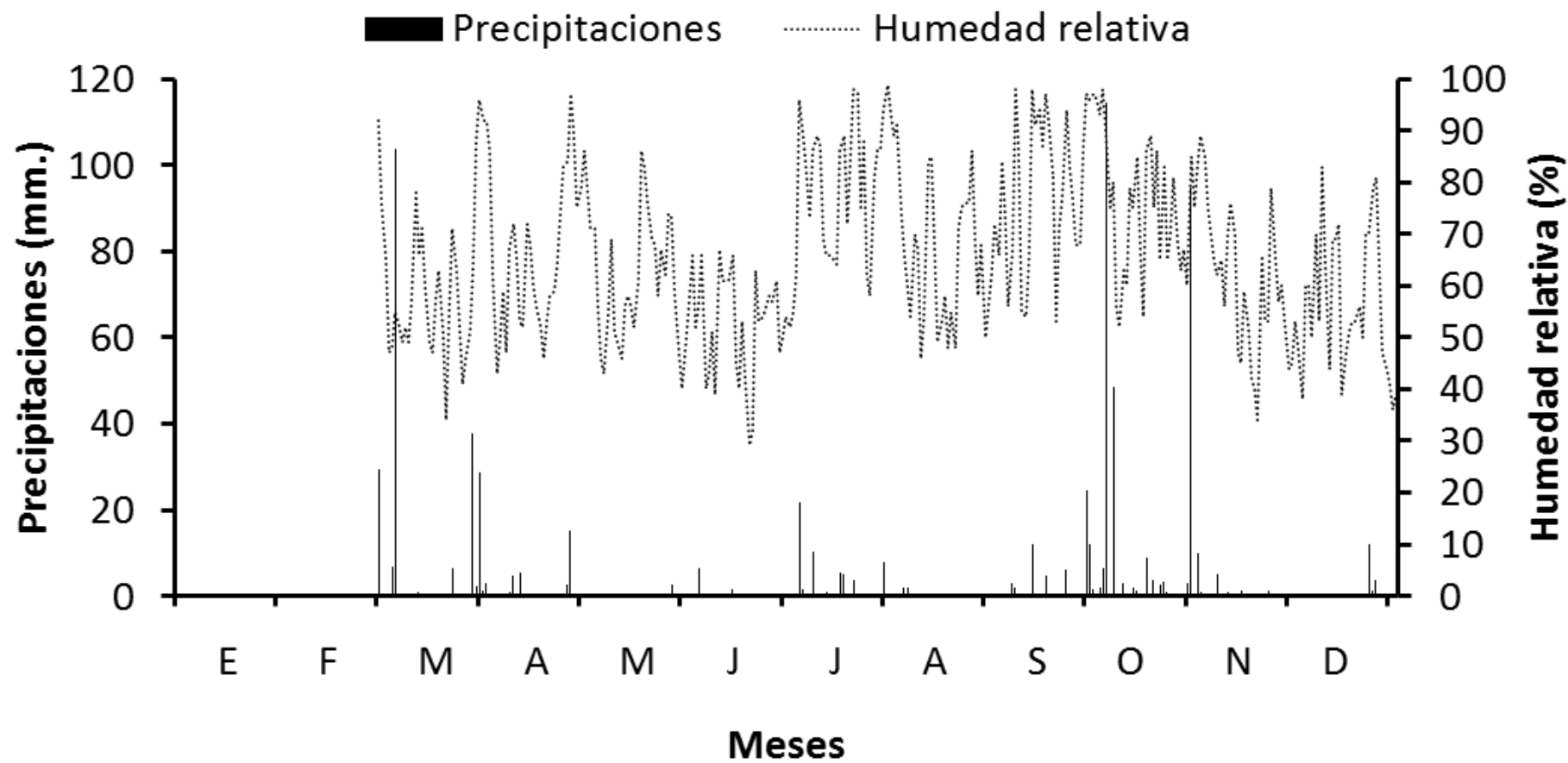
2.2.4. Patagones (2015)



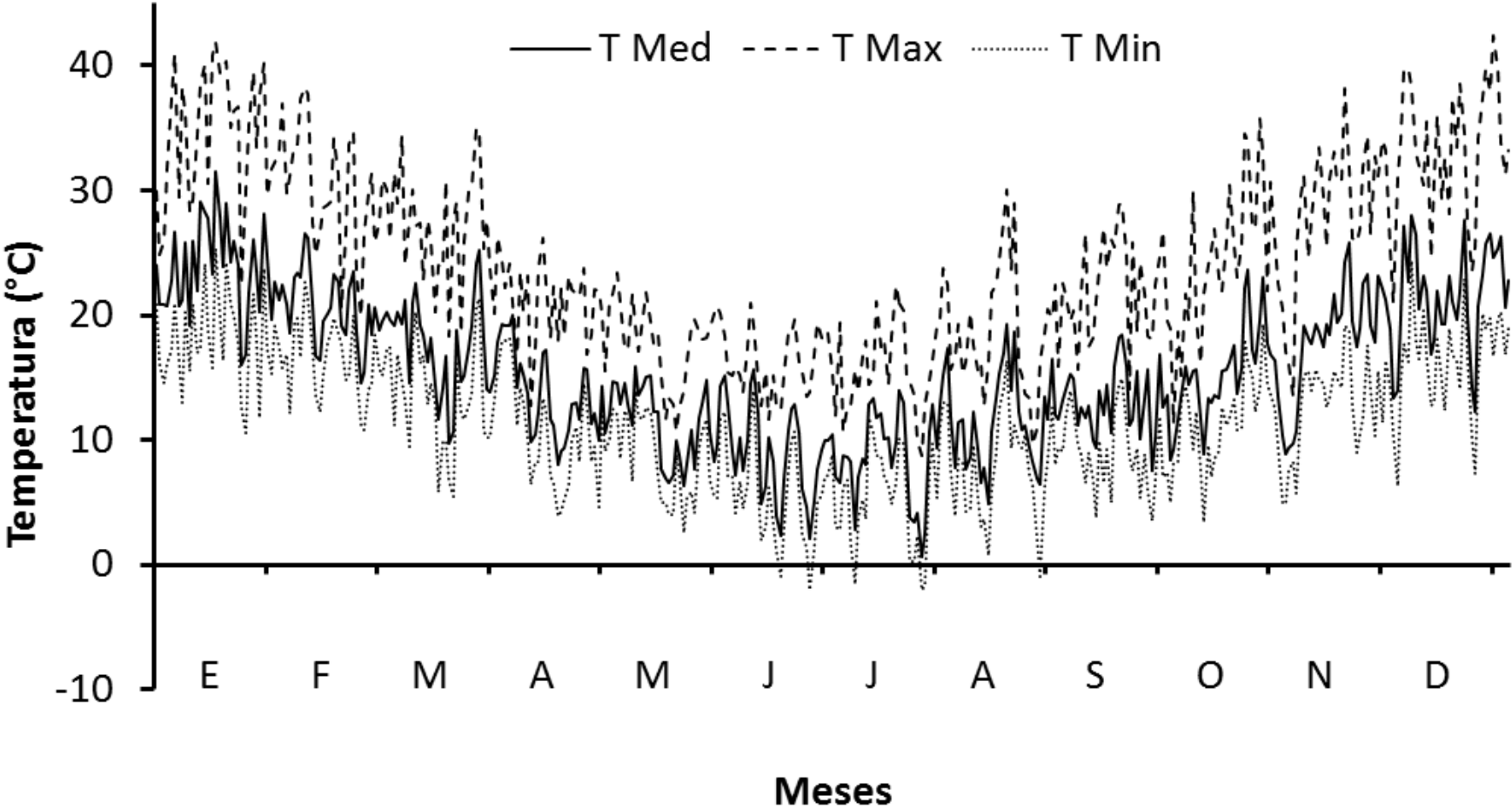


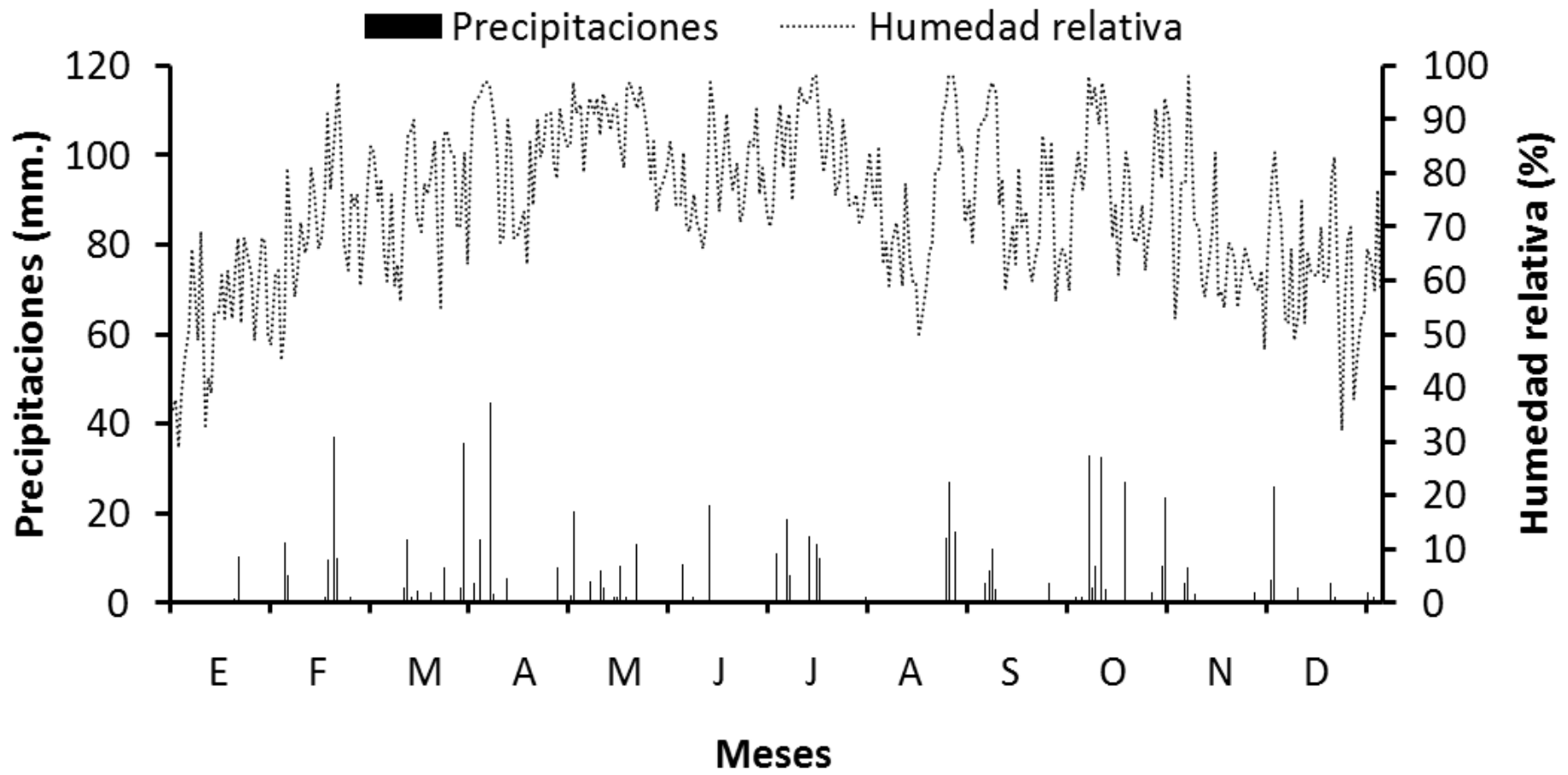
2.3.1. Cerri (2013)





2.3.2. Cerri (2014)





2.4.1. Napostá (2014)

